

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Marko Šćurec

Zagreb, 2017. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Bojan Jerbić, dipl. ing.

Student:

Marko Šćurec

Zagreb, 2017. godina.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se profesoru Bojanu Jerbiću za mentorstvo nad radom, gđi. Izidori Herold za podatke oko detalja rada i drugim djelima, gosp. Milanu Stevanoviću za pomoć oko izrade *web*-ankete, gosp. Marku Švacu za pomoć oko kontaktiranja proizvođača/zastupnika robota, svim tvrtkama koje su sudjelovale preko anketa i upitnika za prikupljanje podataka i svim ostalima koji su mi pomogli steći znanje, iskustvo, podršku i motivaciju za izradu rada, uključujući vlastitu obitelj i poznanike.

Marko Šćurec



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **MARKO ŠĆUREC** Mat. br.: 0035178085

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza primjene robotske tehnologije u hrvatskoj industrijskoj praksi**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Analysis of the application of robotic technology in Croatian industrial practice**

Opis zadatka:

Robotizacija proizvodnje jedan je od najvažnijih faktora globalne kompetitivnosti. Danas, robotizacija postaje sve važnija za mala i srednja poduzeća koja čine okosnicu hrvatskog proizvodnog sektora. Svjetski trendovi pokazuju najveći porast broja robota u elektroničkoj i metaloprerađivačkoj industriji. Tehnogijska razvijenost neke zemlje u proizvodnom sektoru mjeri se brojem robota u odnosu na broj zaposlenih u proizvodnji. Europski prosjek je oko 90 robota na 10 000 zaposlenih. Za Hrvatsku ne postoje pouzdani pokazatelji primjene robotske tehnologije u gospodarstvu. Ti su podaci iznimno važni za strateško promišljanje gospodarskog razvoja zemlje. U radu je potrebno osmisliti upitnik temeljem kojeg se može snimiti rasprostranjenost i primjena robota u hrvatskom proizvodnom sektoru. Anketu provesti u cijeloj zemlji elektroničkim putem na temelju adresara Hrvatske gospodarske komore. Podatke dobivene putem provedene ankete potrebno je statistički obraditi koristeći referentne podatke Državnog zavoda za statistiku RH i Međunarodne federacije za robotiku (IFR). Provesti analizu i izvesti zaključke o primjeni robotske tehnologije u hrvatskom gospodarstvu.

Zadatak zadan:

19. siječnja 2017.

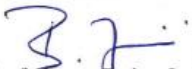
Rok predaje rada:

23. ožujka 2017.

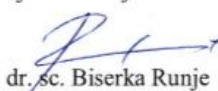
Predviđeni datum obrane:

29., 30. i 31. ožujka 2017.

Zadatak zadao:


Prof. dr. sc. Bojan Jerbić

Predsjednica Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Biserka Runje

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	V
SAŽETAK.....	VI
1. UVOD.....	1
2. GLOBALNA STATISTIKA ZA INDUSTRIJSKE ROBOTE - IFR IZVJEŠTAJ.....	3
2.1. Ukupna svjetska prodaja robotike i udio pojedinih kontinenata (2002-2014. godina)	3
2.2. Tržište/prodaja robota u pet vodećih država	5
2.3. Tržište/prodaja kroz ostale značajne države, po kontinentima (2014. godina).....	8
2.3.1. Azija.....	8
2.3.2. Europa	8
2.3.3. Amerika.....	9
2.3.4. Ostale zemlje.....	9
2.4. Analiza automobilske, elektroničke i ostalih industrija	9
2.5. Vrijednost robotskog tržišta	10
2.6. Gustoća robota proizvodnih djelatnosti	10
2.7. Gustoća robota za automobilsku industriju.....	13
2.8. Gustoća robota za ukupnu industriju (bez automobilske).....	13
2.9. Predviđanja od 2015. do 2018. godine.....	13
2.10. Sažetak i zaključak na IFR-ove podatke.	17
3. STATISTIKA ZA SJEVERNU AMERIKU - RIA IZVJEŠTAJ, 2015.g.	18
4. PRIKUPLJANJE PODATAKA ZA STATISTIKU - PROIZVODNI ROBOTI U HRVATSKOJ	21
4.1. Podatci o statističkom uzorku	21
4.1.1. Uzorak za hrvatske tvrtke	21
4.1.2. Uzorak za proizvođače robota.....	24
4.2. Prikupljanje podataka - slike robota i posjete tvornica	24
4.2.1. Posjete tvornica - Zagrebačka pivovara d.o.o.	25
4.2.2. Posjete tvornica - Franck d.d.	31
4.2.3. Posjete tvornica - Pliva d.o.o.	34
4.2.4. Slike robota - Đuro Đaković Specijalna Vozila d.o.o.	35
4.2.5. Slike robota - Istarska Pivovara d.o.o.	40
5. GLAVNI PROIZVOĐAČI I MARKE ROBOTA.....	42
5.1. Tvrtke za područje Hrvatske	42
5.1.1. ABB	42
5.1.2. Fanuc.....	42
5.1.3. HSTec	43
5.1.4. KUKA	43
5.2. Najzastupljeniji tipovi robota za područje Hrvatske.....	43
5.2.1. Industrijski manipulatori, robotske ruke	43
5.2.2. Roboti za zavarivanje.....	45

5.2.3. Paletizatori	46
5.2.4. Roboti posebne izrade - unikatne funkcije.....	47
6. STATISTIČKA ANALIZA ROBOTSKE PRIMJENE U HRVATSKOJ	51
6.1. Broj tvrtki uključenih u anketu	51
6.2. Ukupan broj robota u anketi i usporedba s procjenama.....	52
6.3. Broj robota po godinama, od 1999. - 2017. godine	54
6.4. Gustoća robota u Hrvatskoj na 10.000 zaposlenika	57
6.5. Statistika o tvrtkama-vlasnicima robota (veličina i djelatnost tvrtke)	58
6.6. Statistika za vrste i funkcije robota u Hrvatskoj	61
6.7. Regionalna raspodjela robota u Hrvatskoj	63
6.8. Statistika proizvođača i prodavača robota na području Hrvatske	64
6.9. Predviđanja razvoja i rasta do 2020. godine	64
7. ZAKLJUČAK.....	70
LITERATURA / IZVORI	74
PRILOZI.....	76

POPIS SLIKA

Slika 1.	Grafikon - procijenjena godišnja prodaja industrijskih robota [5]	3
Slika 2.	Grafikon - broj industrijskih robota za najvažnije kontinente, za 2014. godinu	4
Slika 3.	Grafikon - postotak rasta broja robota za najvažnije kontinente, od 2013. do 2014. godine	5
Slika 4.	Grafikon - odnos domaćih i stranih dobavljača za Kinu, 2014. godine	6
Slika 5.	Grafikon - prodaja industrijskih robota kroz pet vodećih država, 2014. godine	7
Slika 6.	Grafikon - prosječan rast prodaje robota za vodeće države, 2014. godine	7
Slika 7.	Procjena broja industrijskih robota po djelatnostima [5]	10
Slika 8.	Grafikon - gustoća industrijskih robota po državama	12
Slika 9.	Grafikon - gustoća industrijskih robota po kontinentima	12
Slika 10.	Broj instaliranih robota po godinama [5]	16
Slika 11.	Ukupan broj robota po godinama [5]	16
Slika 12.	Grafikon - usporedba broja robota 2014. i 2015. godine za Američko tržište	18
Slika 13.	Grafikon - usporedba vrijednosti robota 2014. i 2015. godine za Američko tržište	19
Slika 14.	<i>Screenshot</i> - prva stranica <i>web</i> -ankete, izrađena preko <i>Formsite</i> servisa	23
Slika 15.	Zagrebačka Pivovara - robotska ruka za manipulaciju i paletiziranje metalnih bačvi, pokretne trake za bačve i palete	25
Slika 16.	Zagrebačka Pivovara - pogon za bačve, sigurnosni kavez i ruka robota	26
Slika 17.	Zagrebačka Pivovara - radna dokumentacija i tlocrt pogona za bačve	27
Slika 18.	Zagrebačka Pivovara - radna dokumentacija i tlocrt pogona za limenke	28
Slika 19.	Zagrebačka Pivovara - stražnja strana robota za limenke. Oznake na kutiji ispod: M-410iB, E-18989	29
Slika 20.	Zagrebačka Pivovara - ruka robota za limenke	30
Slika 21.	Zagrebačka Pivovara - slika pogona za limenke i hvataljke robota	31
Slika 22.	Franck - robot 1 za paletiziranje. Robot odjednom prenosi nekoliko kutija korištenjem pneumatske hvataljke	32
Slika 23.	Franck - robot 2 za paletiziranje	33
Slika 24.	Franck - robot za paletiziranje, u pokretu	33
Slika 25.	Franck - roboti 3 i 4, za formiranje kutija (lijevo) i punjenje kutija (desno)	34
Slika 26.	Đuro Đaković Specijalna Vozila - slika robota za zavarivanje	35
Slika 27.	Đuro Đaković Specijalna Vozila - zavarivački izvor robota	36
Slika 28.	Đuro Đaković Specijalna Vozila - robotski pozicioner	37
Slika 29.	Đuro Đaković Specijalna Vozila - robotski manipulator	38
Slika 30.	Đuro Đaković Specijalna Vozila - robotska vozna pruga	39
Slika 31.	Đuro Đaković Specijalna Vozila - model stanice / radnog prostora robota	39
Slika 32.	Istarska Pivovara - robot za paletizaciju/depaletizaciju sanduka za pivo	40
Slika 33.	Istarska Pivovara - identifikacijske ploče za oba robota	40
Slika 34.	Istarska Pivovara - robot za paletizaciju paketa i umetanje među-rednih kartona u punionici PET boca	41
Slika 35.	Primjer robotskih ruka za industriju - IRB 140 (lijevo), M900iB (desno)	45
Slika 36.	Primjer robota za zavarivanje - Arcmate120iC (lijevo), Rti 330 (desno)	46
Slika 37.	Primjer robota za paletizaciju - M410iB	47
Slika 38.	Automatski navođeno vozilo - S6 PVS	48
Slika 39.	VMS muzna stanica - robot za mužnju, tvrtke DeLaval	48

Slika 40.	Dijagram prikazuje konstrukciju Elvecar-a [24]	49
Slika 41.	SCARA robot s 4 osi (lijevo), dijagram konfiguracije SCARA robota (desno) ...	49
Slika 42.	TEHX robot za šivanje tvrtke Tajima, tijekom rada	50
Slika 43.	Grafikon - broj tvrtki koje su odgovorile na anketu	52
Slika 44.	Grafikon - instalacija robota kroz godine	55
Slika 45.	Grafikon - pretpostavljen broj robota po godinama	56
Slika 46.	Grafikon - broj robota po broju zaposlenika	58
Slika 47.	Grafikon - broj robota po godišnjem prometu tvrtki	59
Slika 48.	Grafikon - broja robota po funkciji marke robota	61
Slika 49.	Grafikon - predviđanje rasta broja instaliranih robota kroz godine, korištenjem funkcije polinoma, do 2025. godine	65
Slika 50.	Grafikon - predviđanje rasta broja instaliranih robota kroz godine, korištenjem funkcije polinoma, do 2050. godine	66
Slika 51.	Grafikon - predviđanje rasta broja instaliranih robota kroz godine, korištenjem eksponencijalne funkcije, do 2026. godine	67
Slika 52.	Grafikon - predviđanje broja instaliranih robota kroz godine, za eksponencijalni rast od 25,4%	68

POPIS TABLICA

Tablica 1.	Dio tekst upitnika koje su hrvatske tvrtke ispunjavale.....	21
Tablica 2.	Ukupan broj robota u Hrvatskim tvrtkama za anketu i prema procjenama.....	53
Tablica 3.	Broj robota instaliranih/nabavljenih u hrvatskim tvrtkama, po godinama.....	54
Tablica 4.	Broj robota (ukupno u anketi) prema veličini tvrtke (zaposlenost, promet)	58
Tablica 5.	Broj robota, broj zaposlenika i gustoća robota po proizvodnoj djelatnosti (prema HGK-u).....	60
Tablica 6.	Broj robota po marki za tvrtke KUKA, ABB i Fanuc.....	62
Tablica 7.	Broj robota prema geografskoj lokaciji.....	63
Tablica 8.	Broj robota distribuiranih, prodanih ili instaliranih u Hrvatskoj, prema tvrtkama proizvođačima/distributerima.....	64

SAŽETAK

U radu su prikupljeni podatci o broju i primjeni robota u hrvatskoj industriji i na osnovu njih izvršena je statistička analiza, koja je uspoređena s podacima iz svijeta.

Prvi dio prikazuje općenito stanje robotike u svijetu, trendove u raznim državama i slične podatke o robotima. Pritom se podatci prikupljaju iz javnih izvještaja, statistike i drugih publikacija od tvrtki koje prate stanje robotike u svijetu (npr. IFR, *International Federation of Robotics*).

Drugi dio i ujedno glavna tema ovog rada je sastavljanje statističkog izvještaja o industrijskim robotima u Republici Hrvatskoj. Podatci su prikupljeni direktno od Hrvatskih tvrtki koje posjeduju/koriste robote, kroz osobni kontakt (*email*, posjete tvornica), ili pomoću online upitnika i anketa. Također, u radu su uzeti u obzir (uglavnom anonimni) podatci o prodaji robota na području Hrvatske, dobiveni od samih zastupnika i/ili proizvođača robota.

U statistiku su uključene proizvodne gospodarske djelatnosti i industrijski roboti.

Ključne riječi: Robotika, statistika, analiza, industrija, proizvodnja, anketa;

1. UVOD

Roboti su jedan od najvažnijih izuma modernog društva. Teoretski početak u literaturi, kad je robot umjetni radnik koji može zamijeniti ljudski rad, je bio preduvjet za današnje moderno tehnološko doba. Riječ 'robot', koju je izumio Karel Čapek davne 1920. godine [1], se danas koristi za cijeli niz mehaničkih i elektroničkih izuma. Cijela 'vojska' radnika nam služi kao temelj za modernu industriju, koja omogućuje izvršavanje inače nemogućih mentalnih poslova, ili čovjeku opasnih fizičkih zadataka.

Povijest robotike je donekle zamagljena - ovisno o tome kako definiramo robota (kao 'automat', kao čovjekoliki stroj, kao 'inteligentni' stroj), postoji više izuma i strojeva u davnoj povijesti koje bi mogli promatrati kao 'pretkom' svih robota. No za današnje, moderne robote, pravi početak njihovog razvoja jest koncepcija Isaac Asimov-ih 'zakona robotike', 1942. godine [2]. Sedam desetljeća kasnije, napredni, sofisticirani roboti su posvuda u svijetu i bez njih bi mnogi industrijski pothvati o kojima ovisi naše društvo bili nemogući ili uvelike otežani.

Naravno, kako je broj robota rastao, tako je bilo nužno pratiti njihov razvoj i kontrolirati njihovo korištenje u svijetu. Tu zadaću danas obavljaju mnoge organizacije, od kojih je najznačajnija IFR (*International Federation of Robotics*), Međunarodna federacija robotike [3], koja svake godine pažljivo prikuplja podatke preko anketa, upitnika i drugih izvora. Iz njih radi statističke analize [4] s kojima se može pratiti robotski razvoj u svijetu, ili za pojedine 'značajnije' države i općenite trendove rasta ili razvoja. Također se može spomenuti i RIA (*Robotic Industries Association*), Udruga industrijske robotike, koja se fokusira na poslovanje vezano uz Sjevernu Ameriku.

No ako se pogleda jedna od tih analiza danas, primijetit će se da se Hrvatska ne spominje direktno. Naime, razina robotike u Hrvatskoj nije dovoljno značajna da bude fokus za većinu modernih, globalnih analiza. Drugim riječima, Hrvatska je 'manjina' što se robotike tiče i zanemarena je u mnogim analizama, ili svrstana u skupinu sa sličnim zemljama.

Svrha ovog rada jest da se obavi zadatak koje globalne organizacije nisu obavile: da se detaljno prouči prisutnost robotike u Hrvatskoj i da se napravi statistička analiza koja bi koristila lokalnim i globalnim investitorima, robotičarima, itd. Da bi se to ostvarilo, najprije će se proučiti IFR-ovi globalni izvještaji o industrijskoj robotici, da bi služili kao temelj za usporedbu. Potom će se, koristeći podatke dobivene od raznih hrvatskih tvrtki i organizacija, izraditi 'slika' robotike u Hrvatskoj i napraviti statistička analiza.

2. GLOBALNA STATISTIKA ZA INDUSTRIJSKE ROBOTE - IFR IZVJEŠTAJ

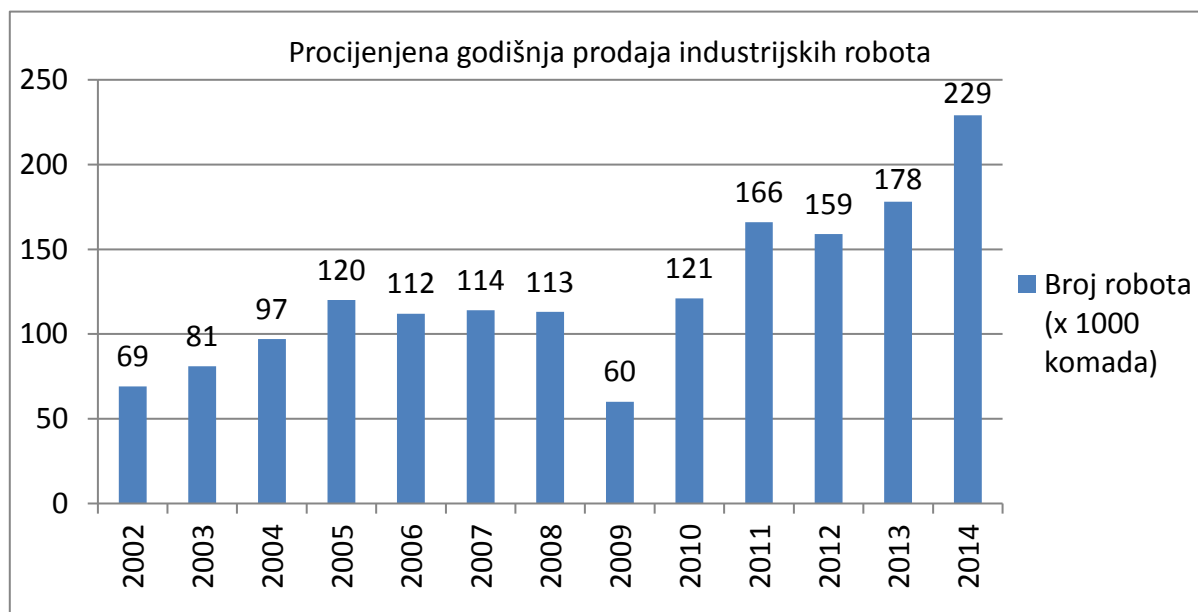
Za ovo poglavlje, globalna statistika industrijskih robota će se podijeliti na sljedeće cjeline:

- Prisutnost i stupanj robotike po kontinentima.
- Tržište/prodaja robota kroz pet vodećih i ostalih značajnih država i po kontinentima.
- Analiza utjecaja automobilske, elektroničke i ostalih industrija na razvoj robotike.
- Monetarna vrijednost tržišta.
- Gustoća robota na 10.000 zaposlenika za proizvodnu industriju.
- Predviđanja razvoja i rasta, do 2018. godine.
- Vlastiti sažetak i zaključak na IFR-ove podatke.

Izvor podataka za ovo poglavlje je IFR-ov izvještaj o globalnom tržištu za industrijske robote, za 2015. godinu (*World Robotics 2015 - Executive Summary*) [5].

2.1. Ukupna svjetska prodaja robotike i udio pojedinih kontinenata (2002-2014. godina)

Prema grafikonu [Slika 1], vidimo kako se broj prodanih robota mijenjao kroz 12 godina.

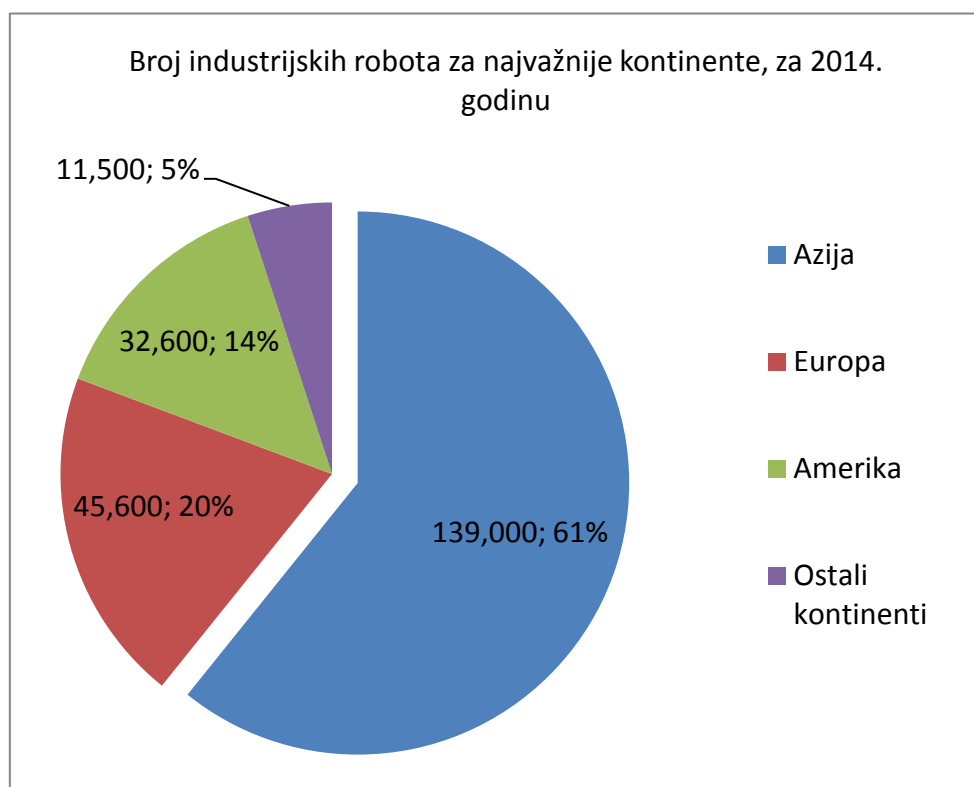


Slika 1. Grafikon - procijenjena godišnja prodaja industrijskih robota [5]

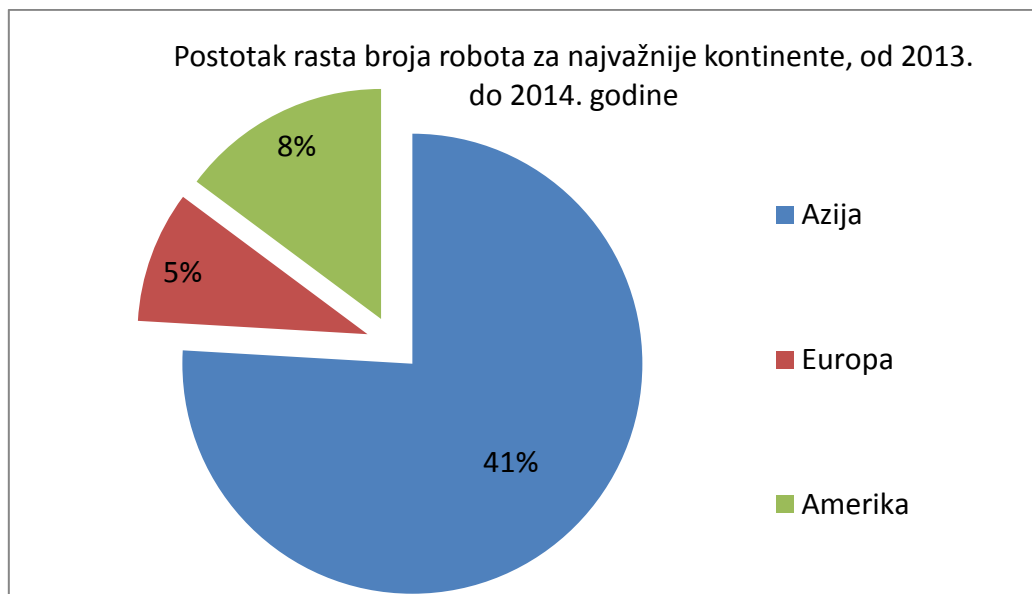
Iako je u 2009. godini došlo do značajnog pada (uslijed globalne recesije), veoma brzo je došlo do oporavka i ponovnog rasta, pa je tako 2014. godine došlo do skoka od čak 29%, sa 178.000 na 229.000 prodanih primjeraka diljem svijeta, ili rast od 48%, od najniže točke 2009. godine.

Što se tržišta tiče [Slika 2], Azija je sa 139.000 robota u 2014. godini zasigurno najvažnije tržište. 2014. godine rast broja robota bio je 41% u odnosu na prethodnu godinu [Slika 3]. Azija je treći put zaredom najveća sila.

Europa je druga po redu s 45.600 robota i 5% rasta u odnosu na prethodnu godinu, dok je Amerika treća po broju, s 32.600 robota, no druga po rastu, s 8%.



Slika 2. Grafikon - broj industrijskih robota za najvažnije kontinente, za 2014. godinu

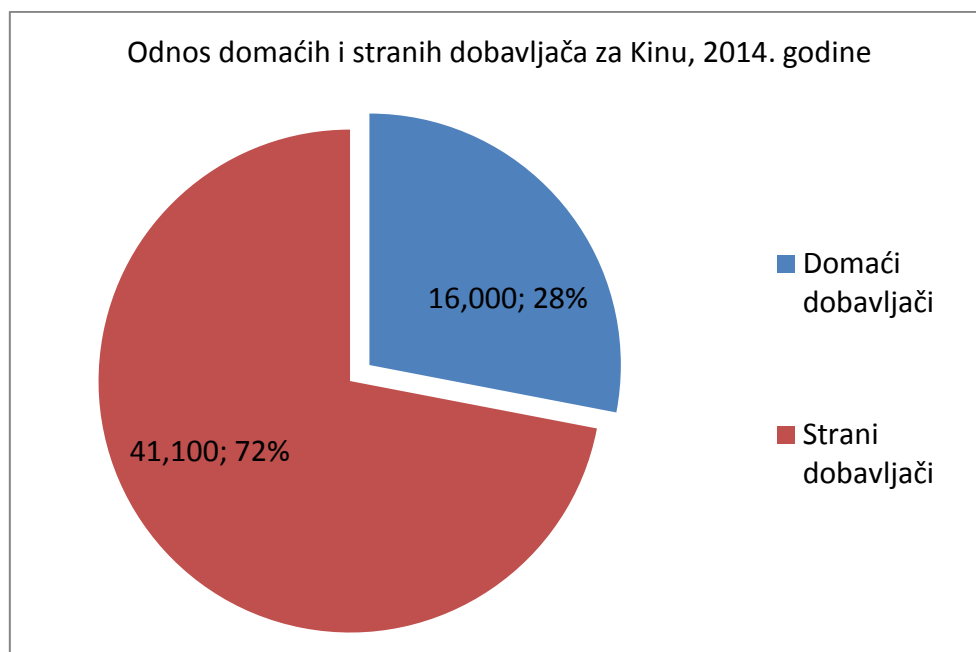


Slika 3. Grafikon - postotak rasta broja robota za najvažnije kontinente, od 2013. do 2014. godine

2.2. Tržište/prodaja robota u pet vodećih država

Od svih prodanih robota u 2014. godini, čak 70% tržišta otpada na pet država: Kinu, Japan, Sjedinjene Američke Države, Republiku Koreju i Njemačku.

U Kini je zabilježena prodaja 57.096 robota, što čini rast od 56% u odnosu na prethodnu godinu. Od te brojke, oko 16.000 (72%) je od lokalnih dobavljača, koji su zabilježili rast od 78% (djelomično jer su mnogi dobavljači tek 2014. godine prvi put prijavili svoje podatke). Preostalih 41.100 (28%) je nabavljeno od stranih dobavljača. Kina je jedinstvena po svom kratkom i velikom rastu u odnosu na sva ostala tržišta [Slika 4].



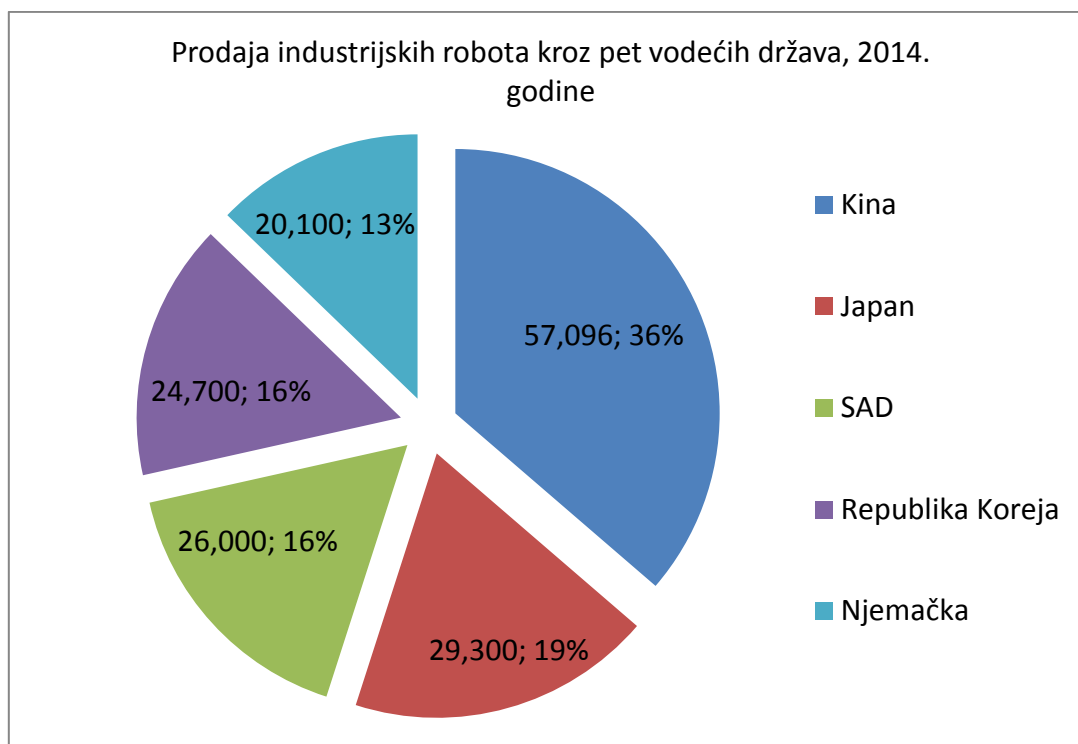
Slika 4. Grafikon - odnos domaćih i stranih dobavljača za Kinu, 2014. godine

Japan je u 2014. godini zabilježio prodaju od 29.300 industrijskih robota, što je najviši broj za tu državu od 2008. godine. U prethodnim godinama, od 2005. (44.000 primjeraka) do 2009. (12.800 primjeraka) država je bilježila trend pada prodaje, no nakon recesije se oporavila i bilježi prosječan rast od oko 8% godišnje.

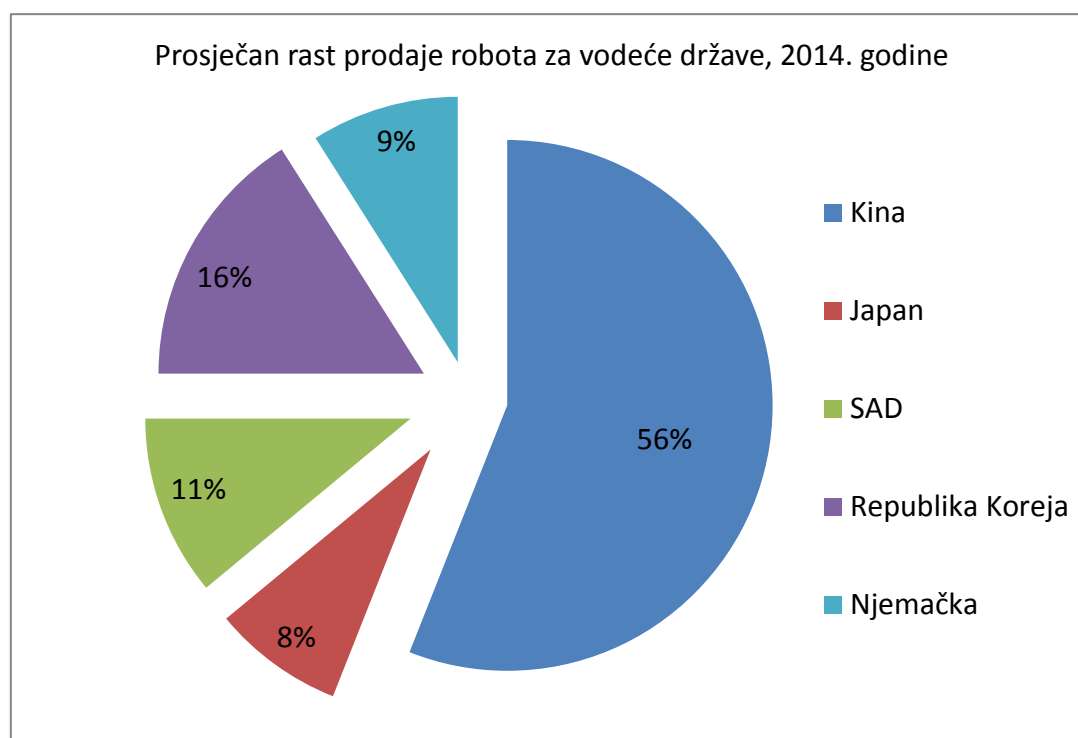
Sjedinjene Američke Države su, zahvaljujući domaćoj automobilske industriji, postigle vrhunac od 26.000 primjeraka, što čini rast od 11% u odnosu na 2013. godinu.

Republika Koreja je također zahvaljujući automobilske industriji narasla na 24.700 primjeraka (16%) u odnosu na 2013. godinu, dok je u prethodnim godinama stagnirala po prodaji.

Njemačka je zabilježila rast od 10% s 20.100 prodanih robota [Slika 5], imala je rekordan iznos za jednu godinu i godišnji prosječan rast od 9% [Slika 6], unatoč već prisutnoj velikoj zastupljenosti robota. Kao i za prethodne države, automobilska industrija je glavni razlog tih velikih brojki.



Slika 5. Grafikon - prodaja industrijskih robota kroz pet vodećih država, 2014. godine



Slika 6. Grafikon - prosječan rast prodaje robota za vodeće države, 2014. godine

2.3. Tržište/prodaja kroz ostale značajne države, po kontinentima (2014. godina)

2.3.1. Azija

Tajvan, iako je šesto vodeće tržište robota i bilježi prosječni rast od 20%, još je uvijek daleko ispod razine Njemačke, sa samo 6.900 robota.

Tajland bilježi osmo mjesto (3.700 robota, što je samo 2% ukupnog broja robota), dok Indija ima 2.100 robota.

Ostale države koje su zabilježile rast robotske industrije jesu Indonezija, Malezija, Singapur i Vijetnam.

Za veliki broj robota (čak 10.140) nije poznato ime države-kupca, no za njih se pretpostavlja da su uvezeni u Kinu ili Tajvan, za automobilsku ili elektroničku industriju.

2.3.2. Europa

Italija je druga po redu u Europi (nakon Njemačke), dok je globalno sedma po zastupljenosti robota. Bilježi rast od 32% i 6.200 komada, što je naznaka oporavka nakon ekonomske krize između 2010. i 2013. godine.

Francuska prati u stopu, s 3.000 robota i 36% rasta.

Španjolska je prva zemlja u kojoj je došlo do pada od 16%, na 2.300 robota.

Automobilska industrija je u padu robotizacije (najvjerojatnije radi zasićenja tržišta i kao posljedica brzog rasta u prošlosti), dok se ostale industrije robotiziraju.

Slično Španjolskoj, Ujedinjeno Kraljevstvo bilježi pad na 2.100 prodanih robota.

Belgija i Nizozemska i većina ostalih država središnje i istočne Europe bilježe pad, dok Turska i Češka bilježe rast tržišta.

2.3.3. Amerika

Meksiko i Brazil su zabilježili pad od 9% u 2014. godini, unatoč rastu prethodnih godina. Za razliku od njih, Kanada bilježi rast od 4%. Automobilska industrija je prisutnija u Meksiku nego u Kanadi, što daje naznake ekspanzije tržišta u tom smjeru.

2.3.4. Ostale zemlje

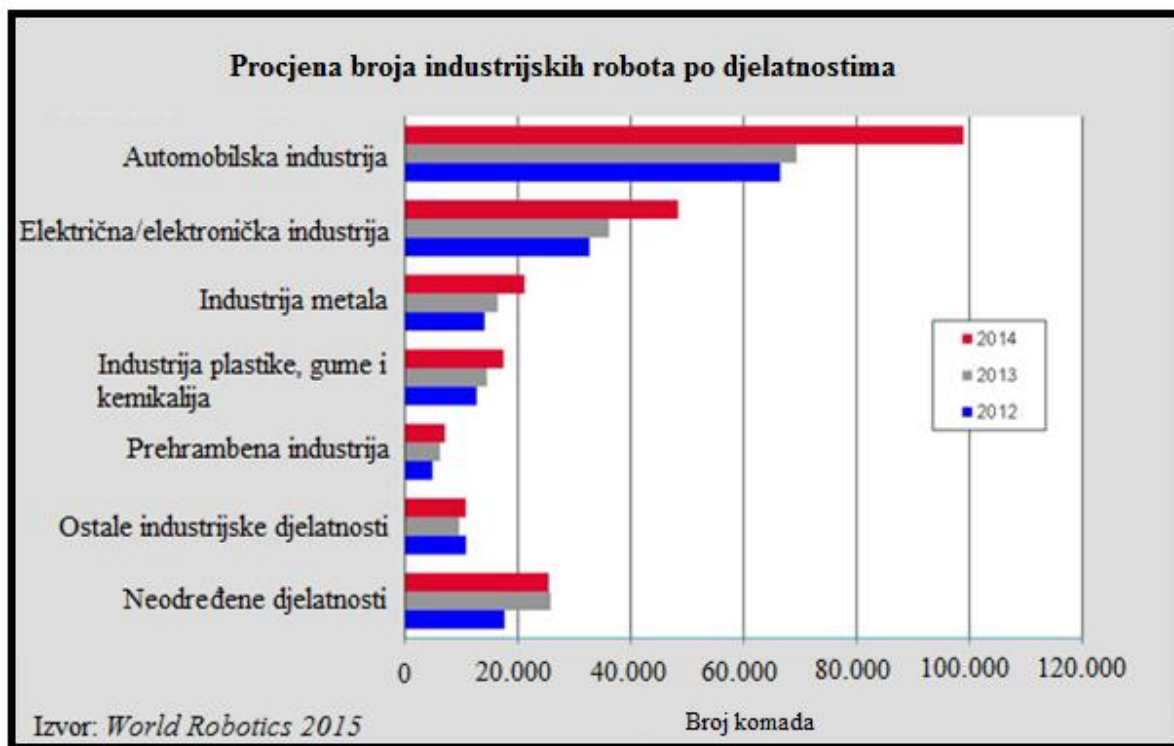
U kategoriju 'ostale' ubrajamo države koje nisu dostavile podatke IFR-u i određene izvoze iz Amerike i Koreje za koje kupac ili odredište nije imenovano. Za većinu nedefiniranih izvoza se pretpostavlja da su završili u Tajvanu, Kini, ili obližnjim Azijskim zemljama, ili čak u Europskim zemljama i pretpostavlja se da su proizvodi vezani uz automobilsku ili elektroničku industriju.

2.4. Analiza automobilske, elektroničke i ostalih industrija

Automobilska industrija je i dalje 'div' i glavni poticatelj robotike. Čak 43% svih robota je u automobilskoj industriji, a 2014. godine je nabavljeno 98.900 robota, što je 43% više nego 2013. godine [Slika 7]. Modernizacija i iznimno velike investicije u novo nastajuća tržišta su odgovorne za ovaj rast. Pokazao se još i trend prodaje robota proizvođačima elektroničkih dijelova za automobile.

Električna tj. elektronička industrija, koja ima upola manji udio tržišta robota (21%) također bilježi rast i vrhunac (48.000 robota, 34% rast), uglavnom zbog povećane potražnje za modernizacijom, automatizacijom i uvođenjem nove tehnologije i/ili proizvoda u manje razvijene zemlje.

Preostale značajne industrije (metalna, kemijska, plastična, gumena, prehrambena) također bilježe rast od 21% u 2014. godini i prosječan rast od 17% godišnje. To je znak da navedene industrije ne zaostaju za automobilskom/elektroničkom i da se roboti počinju primjenjivati za više industrija i time klijenata. Značajno je spomenuti da većina 'ostalih' industrija kupuje robote u vrlo malim serijama.



Slika 7. Procjena broja industrijskih robota po djelatnostima [5]

2.5. Vrijednost robotskog tržišta

Krajem 2014. godine je zabilježeno ukupno 1,5 milijuna industrijskih robota, što nastavlja trend rasta broja robota kroz četiri godine, točnije rast od 11%.

Vrijednost tržišta robota za 2014. godinu iznosi 10,7 milijardi američkih dolara (rast od 13%). Spomenuta vrijednost ne uključuje periferne uređaje, softver, servise i ostale usluge potrebne za rad robota. Računajući ove dodatne troškove za robotske sisteme umjesto samo za robote, vrijednost potpunog ulaganja raste na 32 milijardi dolara.

2.6. Gustoća robota proizvodnih djelatnosti

Za pravilno određivanje razdjela robota, potrebno je uvesti pojam gustoće robota. Gustoću robota izražavamo kao broj industrijskih robota na svakih 10.000 industrijskih zaposlenika u svim proizvodnim granama neke države (ili samo automobilske industriji, pošto je robotika tu najzastupljenija).

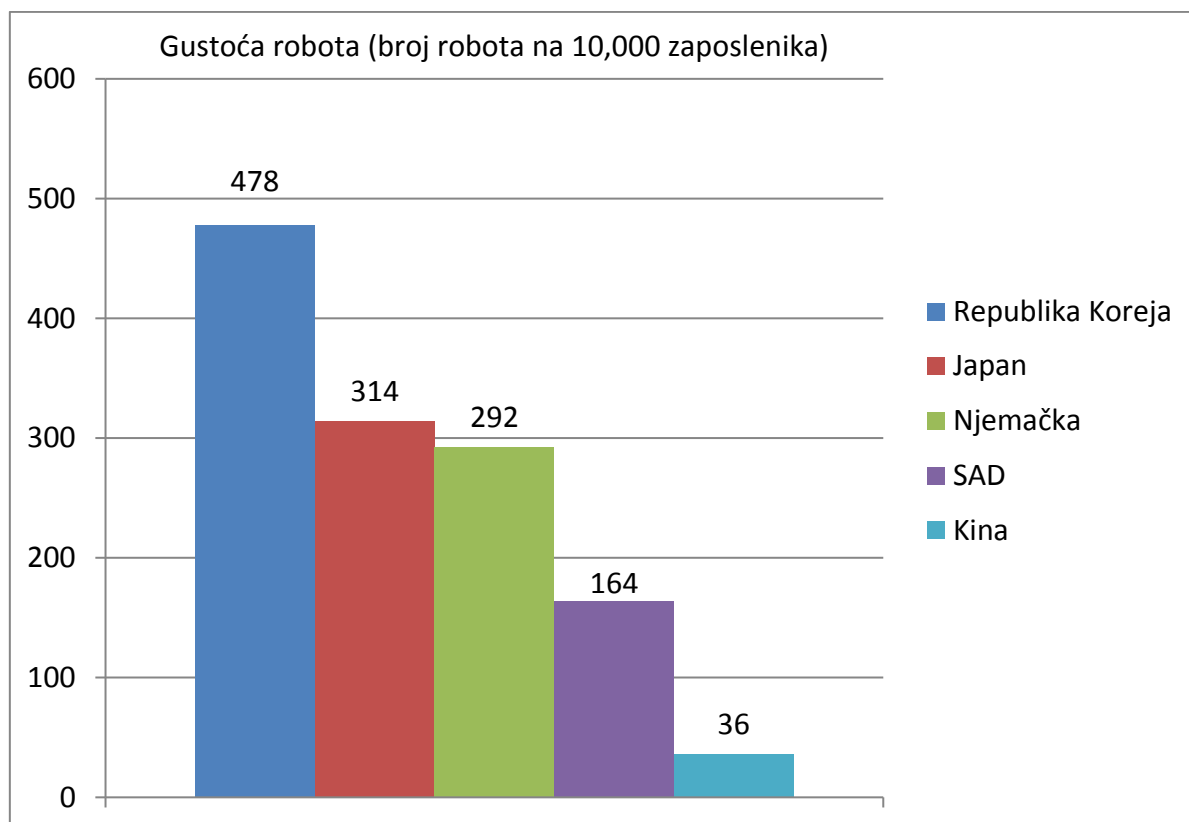
Gustoća robota daje mnogo očitiji prikaz zastupljenosti robota u nekoj državi od ukupnog broja robota, radi velike razlike zastupljenosti industrijskih pogona po veličini između malih i velikih država.

Općenito, za svjetsko industrijsko/proizvodno tržište, vrijednost prosječne gustoće je 66 robota na 10.000 zaposlenika, što je relativno mali broj kada se uspoređi s gustoćom u pet vodećih država po gustoći: Republika Koreja, Japan, Njemačka, SAD i Kina.

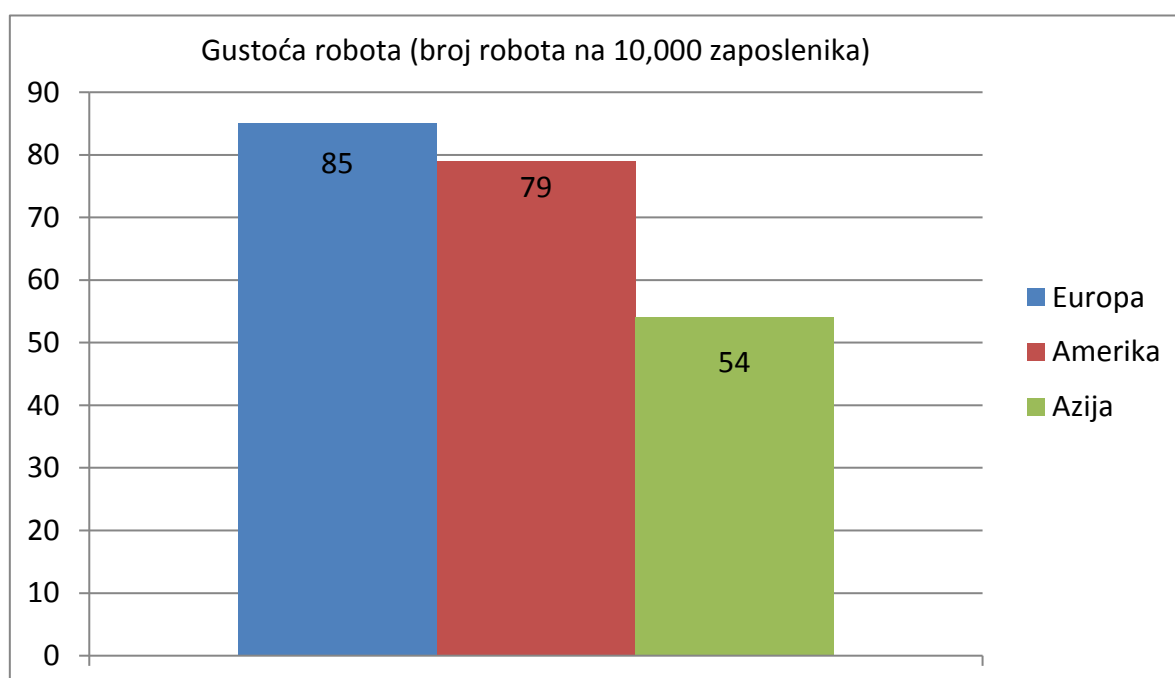
2014. godine je Republika Koreja zabilježila gustoću od 478 robota [Slika 8], Japan je imao gustoću od 314 robota (pad u odnosu na prethodnu godinu), dok je Njemačka imala gustoću od 292 robota (rast). SAD su imale 164 robota (značajno kada se uzme u obzir veličina države), dok je Kina zabilježila gustoću od 36 robota (uslijed masivnog tržišta i broja radne snage, gustoća je u konačnosti mala).

Što se kontinenta tiče, gustoće su relativno ujednačene: Europa ima 85, Amerika 79, a Azija 54 robota na 10.000 zaposlenika [Slika 9].

Od država susjednih Hrvatskoj, jedino je Italija s gustoćom od 150 robota i Slovenija s gustoćom od 100 robota na 10.000 zaposlenika iznad Europskog prosjeka.



Slika 8. Grafikon - gustoća industrijskih robota po državama



Slika 9. Grafikon - gustoća industrijskih robota po kontinentima

2.7. Gustoća robota za automobilsku industriju

Ako se za gustoću robota uzmu samo roboti/zaposlenici automobilske industrije, tj. broj industrijskih robota u automobilskoj industriji na 10.000 zaposlenika u automobilskoj industriji, vodeće države se mijenjaju: Japan (gustoća od 1.414 robota na 10.000 zaposlenika), Njemačka (1.149), SAD (1.141), Republika Koreja (1.129) i Kina (305).

Za Kinu valja naglasiti da ima 'malu' gustoću robota uslijed izuzetno velikog broja zaposlenika: Čak 3,4 milijuna u 2013. godini. Kina općenito predstavlja 30% globalne proizvodnje u automobilskoj industriji.

Ako se SAD-ova gustoća usporedi s njenim ukupnim brojem robota, može se primijetiti da je došlo do manjeg rasta gustoće u odnosu na rast broja robota, uslijed povećanja zaposlenosti u automobilskoj industriji od oko 29% za 2014. godinu u odnosu na 2010. godinu.

2.8. Gustoća robota za ukupnu industriju (bez automobilske)

Pod ukupnom industrijom se podrazumijevaju sve proizvodne grane osim automobilske industrije, poput elektroničke ili prehrambene industrije. Vodeće države su Republika Koreja (gustoća od 365 robota na 10.000 zaposlenika), Japan (211), Njemačka (161), Švedska (142) i Tajvan (138). Dok Republika Koreja i Japan imaju gustoću uslijed velike zastupljenosti elektroničkih pogona, za Njemačku i Švedsku razlog gustoće je veća raznovrsnost robotskih pogona. Preostale države svijeta općenito imaju gustoću manju od 30 robota.

2.9. Predviđanja od 2015. do 2018. godine

Najosnovnija pretpostavka za industrijsku robotiku jest da će definitivno doći do rasta i razvoja tržišta, zaliha (tj. broja robota), gustoće, itd. diljem svijeta. Ta pretpostavka se može opravdati s prethodnim iskustvom i nekim logičkim pretpostavkama o tome što će utjecati na razvoj robotike:

- Tržište robotike je, uz stabilnu burzu (tj. bez recesije), svake godine raslo, bez naznaka očitog 'usporavanja' ili stagnacije.

- Vjerojatno je da će doći do izuma novih materijala, tehnologija, softvera, inženjerskih rješenja, ili drugih značajnih inovacija. Postoji veliki interes za ulaganja u takve pothvate, tj. investicije.
- Svijet biznisa zahtjeva stalni rast profitabilnosti poslovanja, kompetitivnost, inovacije, i/ili modernizaciju, što robotika sama po sebi postiže. Bez robota, jednostavno se ne može konkurirati na globalnoj razini.
- Tržište postupno ima sve zahtjevnije potrebe kako rastu tehnološke mogućnosti. Ono što se nekad izradilo u 24 sata, danas klijent zahtjeva za 2 sata.
- Postoje trendovi potražnje za jednostavnim, kratkotrajnim robotima više namjena, umjesto specijaliziranih robota prilagođenih za dugotrajne istovrsne operacije.
- Kako se roboti razvijaju, tako se razvijaju potrebe za njihovo uvođenje i upravljanje: softver, obuka osoblja, oprema.
- Roboti su nužni za mnoge industrijske poslove - zamjenjuju čovjeka u zadacima koji su preopasni, zatupljujući, ili zahtijevaju ponovljivost i preciznost koju čovjek ne može postići.
- Ako dođe do nestabilnog tržišta, pada ekonomije, ili slične 'recesije', očekuje se da će doći do zastoja ili čak pada investicija i prodaje robota, no istodobno će postojati 'nužnost' za modernizacijom, tako da će doći do pouzdanog rasta nakon 'krize.'

Što se detaljnijih predviđanja tiče, mogu se sagledati pojedine države, odnos automobilske i ostalih industrija i globalna predviđanja. Azija bi bilježila velike investicije u razvoj i rast robotike, kroz vodeće države Kinu, Tajvan, Koreju, Indiju, itd. Za Kinu se predviđa da će 2018. imati trećinu ukupnog broja robota.

Za Ameriku i Europu se također predviđa rast (u manjoj mjeri nego za Aziju), s naglaskom na rast već 'snažnih' zemalja (SAD, zapadna Europa) i širenje/oporavak tržišta (u smjeru Brazila i istočno Europskih zemalja).

Zbog iznimne globalne zastupljenosti i investicija, vrlo je vjerojatno da će mnoge inovacije i tehnološki proboji doći upravo i/ili isključivo iz automobilske industrije. Zakon biznisa će zahtijevati da se postojeći pogoni šire i rastu kako bi sačuvali konkurentnost.

Za preostale industrije se očekuje 'napredak' u pogonima za sintetske materijale (guma, plastika) i metalne materijale, farmaceutiku i prehrambenu/pivarsku industriju.

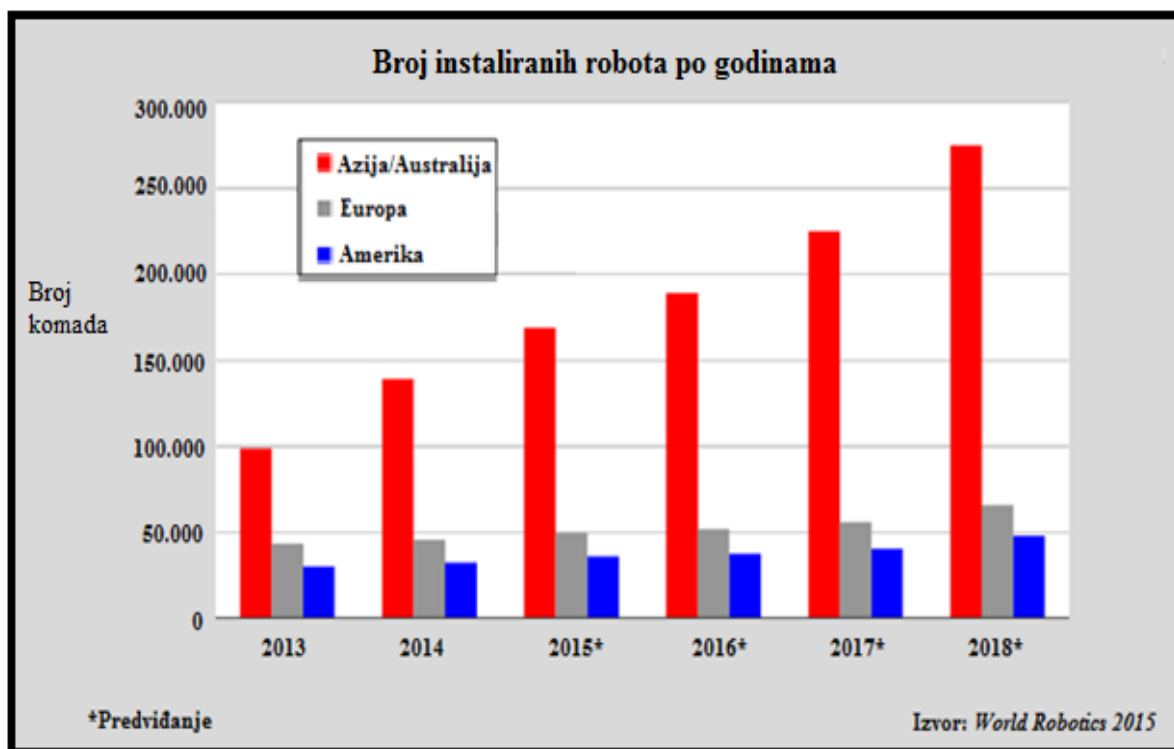
Gledajući globalno, za 2015. godinu je predviđen 15% rast broja robotskih komada (264.000 instaliranih robota) [Slika 10]. Planiran je rast robotske opreme 11% u Americi i 21% u Aziji i Australiji, dok bi za samu prodaju robota, Europa imala 9% rasta.

Za razdoblje od 2016. do 2018. godine se ponovno predvidjelo da će 'prosječni godišnji rast' doseći 15% za svijet, 10% za Ameriku/Europu i 18% za Aziju/Australiju te da će konačni broj prodanih robota u 2018. godini biti 400.000 komada.

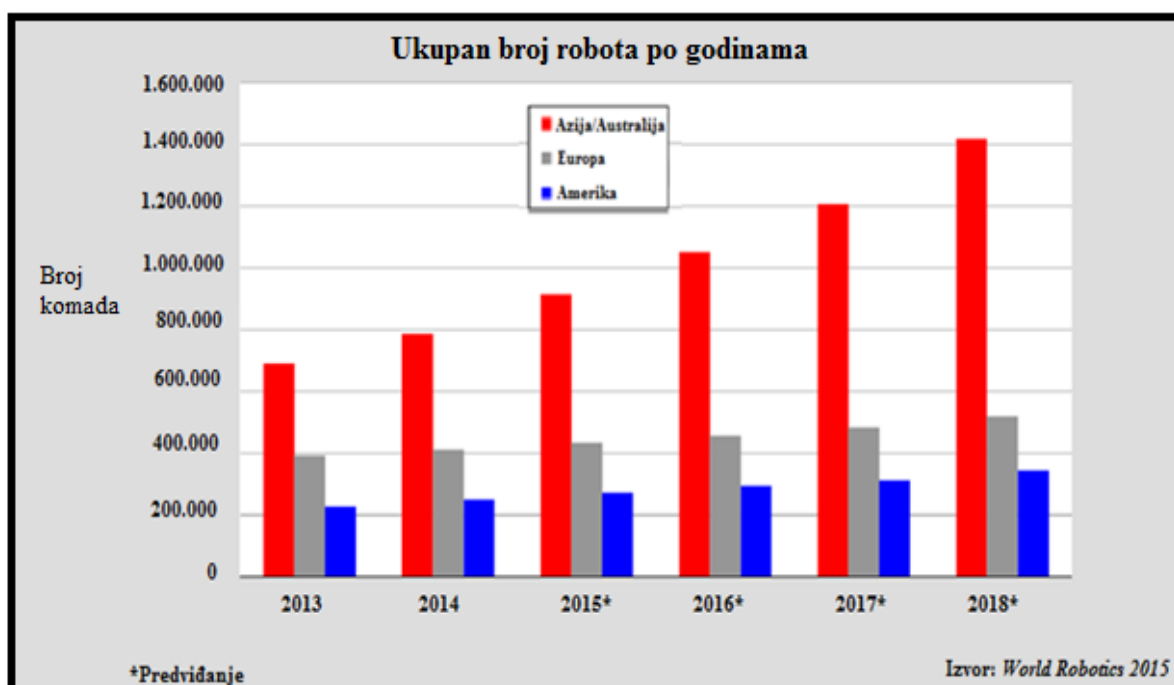
Predviđa se da će od 2015. do 2018. godine biti prodano i instalirano diljem svijeta 1,3 milijuna robotskih komada, za što će se naravno trebati proširiti proizvodni pogoni, naročito u unosnim tržištima poput Azijskog.

Naime, Kina ima planove do 2020. godine povećati gustoću robota na troznamenkastu brojku: 150 robota na 10.000 zaposlenika. To bi ostvarila fokusiranjem na prodaju domaće-proizvedenih robota: 100.000 komada do 2020. godine, što bi bio rast od 49% u odnosu na 2015. godinu i time bi se smanjila dominaciju stranih proizvođača robota, poput tvrtki Kuka, ABB ili Yaskawa [6].

Još valja napomenuti da će ukupan broj robotskih komada (tj. robota koji su instalirani i u radnom stanju u pogonu) narasti s 1.480.800 [Slika 11] na 2.327.000 komada do kraja 2018. godine.



Slika 10. Broj instaliranih robota po godinama [5]



Slika 11. Ukupan broj robota po godinama [5]

2.10. Sažetak i zaključak na IFR-ove podatke.

Kao prvo, očito je kako industrijska robotika, u svim svojim aspektima, raste na globalnoj razini, ali to je vidljivo samo za Azijske divove (Kina, Tajvan, Republika Koreja), Zapadnu Europu (Njemačka, Švedska, U.K.) i Sjevernu Ameriku (SAD). Afrika i Južna Amerika su uvelike 'zapostavljene' što se robotike tiče. Azija sadrži više od polovice tržišta robota.

Jedino što je značajnije utjecalo na robotsko tržište je bila kriza/recesija u 2009. godini, no iz nje se već sljedeće godine svijet robotike uspio 'oporaviti' i krenuo u smjeru stalnog povećanja broja robota.

Automobilska industrija je najveća i najznačajnija proizvodna grana za industrijsku robotiku, zauzimajući oko trećinu tržišta, na kojim se nadmeću SAD, Kina, Njemačka. Nema sumnje da će u tom pravcu biti i u budućnosti većina fokusa uslijed razvoja novih tehnologija, zaposlenja, itd.

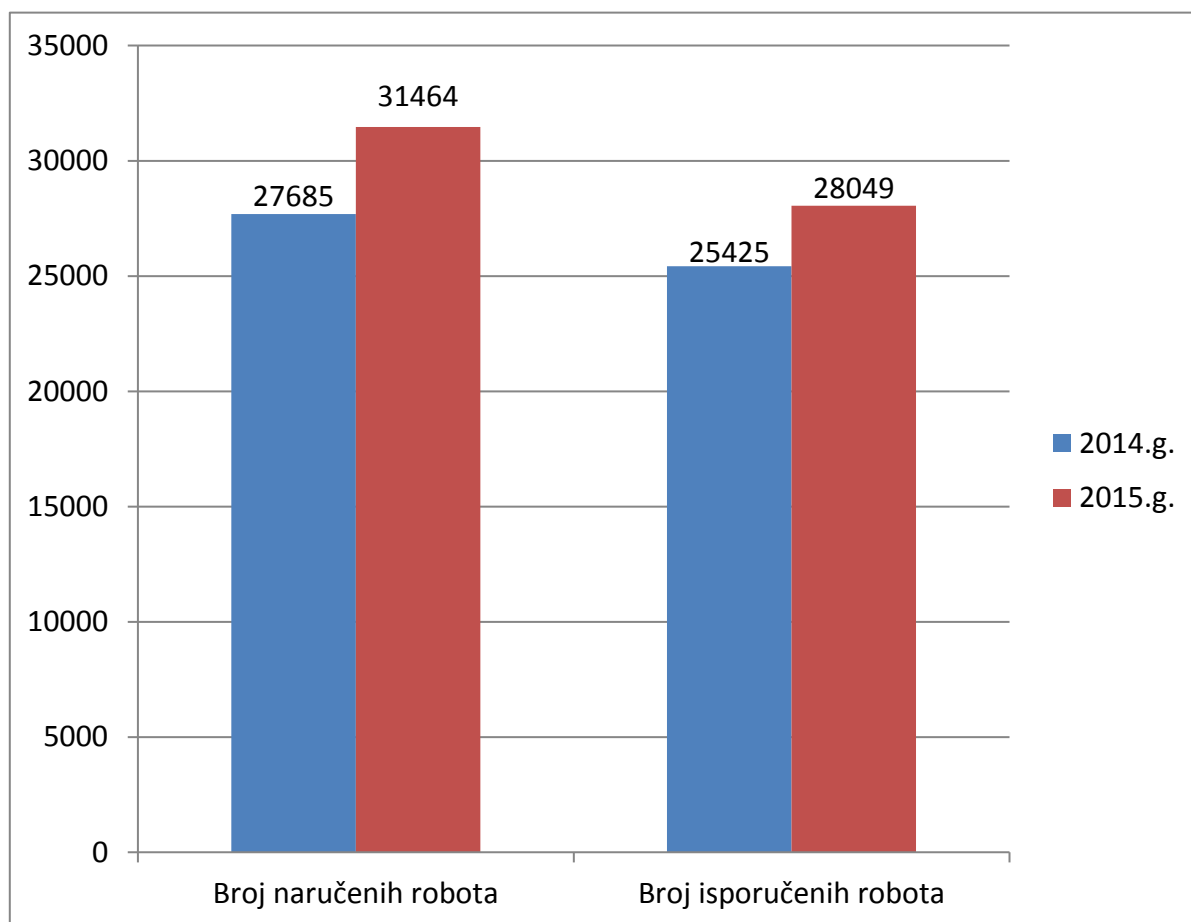
Kina i SAD se odlikuju veličinom tržišta i brojem zaposlenika, dok se Japan, Republika Koreja, Tajvan i Njemačka fokusiraju na veću gustoću robota.

Za razdoblje od danas do 2018. godine predviđa se nastavak investicija i rasta, uz mogući rizik da ekonomska nestabilnost ili recesije utječu na investicije.

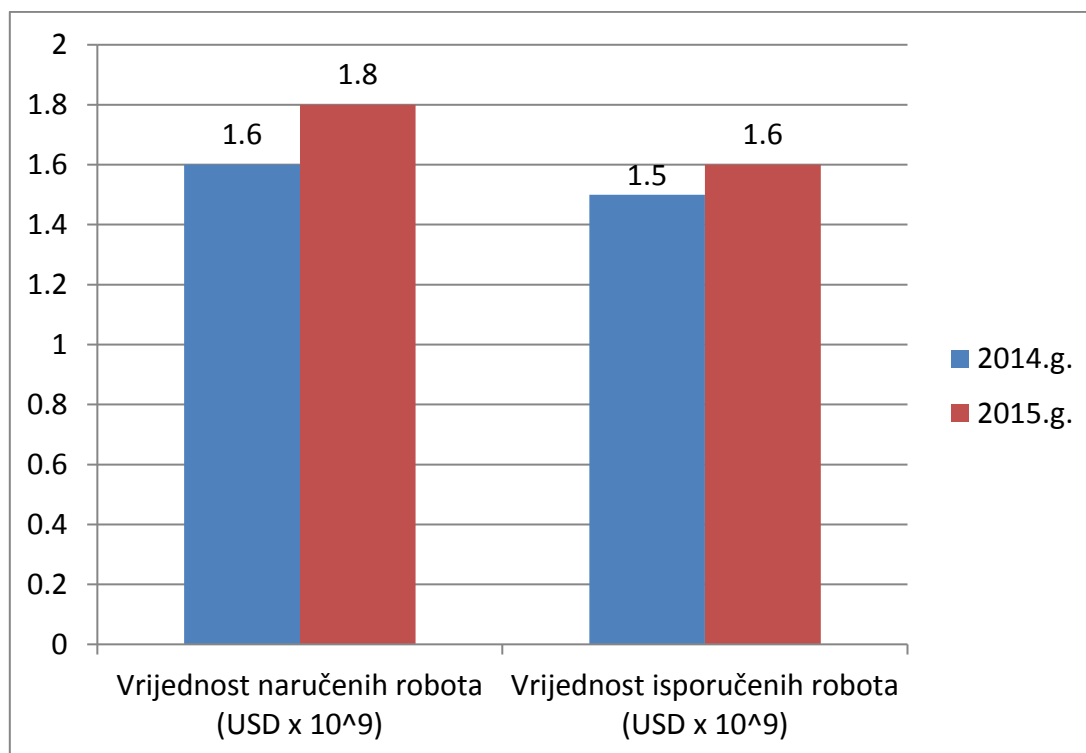
3. STATISTIKA ZA SJEVERNU AMERIKU - RIA IZVJEŠTAJ, 2015.g.

U ovom poglavlju će se fokusirati na podatke o poslovanju Sjeverne Amerike u 2015. godini. Izvor podataka jesu izvještaji s RIA-ovih *web*-stranica [7].

Sveukupno je zabilježeno 31.464 (vrijednosti \$1,8 milijardi) naručenih robota za 2015. godinu [Slika 12][Slika 13], što je u usporedbi s 2014. godinom rast od 14% broja robota i 11% vrijednosti, čime je oboren dotadašnji svjetski rekord - trend koji je nastavljen od 2014. kada je Sjeverna Amerika također obarala rekorde u prodaji.



Slika 12. Grafikon - usporedba broja robota 2014. i 2015. godine za Američko tržište



Slika 13. Grafikon - usporedba vrijednosti robota 2014. i 2015. godine za Američko tržište

Još jedan oboreni rekord je bio u isporukama robota: 28.049 robota (vrijednost \$1,6 milijardi) je poslano sjeverno-američkim klijentima, što čini rast od 14% (ili 9% za vrijednost) u odnosu na 2014. godinu.

Automobilska industrija još uvijek predstavlja najveći dio tržišta i najveći je pobuđivač industrije (19% rasta), dok su ostale industrijske grane porasle za oko 5%, od kojih su izrada elektroničkih dijelova i poluvodiča imale najznačajniji rast, od 35%.

Što se specifičnih robotskih aktivnosti (tj. funkcija, operacija) tiče, najveći rast su imale:

- Lakiranje i prevlačenje (*coating & dispensing*), 49%
- Rukovanje materijala (*materials handling*), 24%
- Točkasto zavarivanje (*spot welding*), 22%

Sveukupno se pretpostavlja da u američkim tvornicama radi oko 260.000 robota, što čini Ameriku treću po redu nakon Kine i Japana.

Sve zajedno, ovi podatci upućuju da robotika ima značajan utjecaj na broj radnih mjesta u proizvodnoj industriji, pošto se podatci poklapaju s istovremenim padom nezaposlenosti: 4,9%, što je najniža vrijednost od 2008. godine prema Birou za statistiku o radu (*Bureau of Labor Statistics*). Jasno je da robotika omogućuje tvrtkama da unapređuju poslovanje i opstaju na tržištu (automatizacija) i stvara nove poslove u industriji (instalacija, programiranje, održavanje).

4. PRIKUPLJANJE PODATAKA ZA STATISTIKU - PROIZVODNI ROBOTI U HRVATSKOJ

4.1. Podatci o statističkom uzorku

Za svrhu statistike za Republiku Hrvatsku, potrebno je prikupiti podatke iz dva izvora: samih hrvatskih tvrtki i od proizvođača/prodavača robota.

4.1.1. Uzorak za hrvatske tvrtke

Kao početni uzorak, prije uvođenja *web*-ankete, istraživanjem su obuhvaćene hrvatske proizvodne tvrtke kojima je Hrvatska gospodarska komora (HGK) dodijelila 'Znak hrvatske kvalitete' [8]. Tim tvrtkama su bile poslone molbe za ispunjenje tekst upitnika [Tablica 1].

Potpuni tekst upitnik je u prilogu.

Tablica 1. Dio tekst upitnika koje su hrvatske tvrtke ispunjavale

Red. br.	Naziv proizvođača robota	Tip (ime, oznaka) robota	Godina nabave	Opis primjene robota	Posebne napomene
1.					
2.					
3.					

Naknadno je uzorak proširen koristeći 'Registar poslovnih subjekata', također izrađen od strane HGK-a [9]. Koristeći registar, bilo je moguće izolirati tvrtke koje su bile aktivne te su predale Godišnji financijski izvještaj (GFI) za 2015. godinu, iz njih izvrstiti barem 500 tvrtki i pribaviti *email* adrese na koje se mogla slati anketa (ako su navedene).

Za prošireni uzorak su kontaktirane tvrtke velike, srednje i male veličine, iz sljedećih grana proizvodne djelatnosti (u zagradi su HGK-ove oznake / kod djelatnosti, pri čemu 'C' označava prerađivačku industriju):

- Proizvodnja prehrambenih proizvoda (C10)
- Proizvodnja tekstila (C13)

- Proizvodnja kemikalija i kemijskih proizvoda (C20)
- Proizvodnja proizvoda od gume i plastike (C22)
- Proizvodnja ostalih nemetalnih mineralnih proizvoda (C23)
- Proizvodnja metala (C24)
- Proizvodnja gotovih metalnih proizvoda, osim strojeva i opreme (C25)
- Proizvodnja računala te elektroničkih i optičkih proizvoda (C26)
- Proizvodnja električne opreme (C27)
- Proizvodnja strojeva i uređaja (C28)
- Proizvodnja motornih vozila, prikolica i poluprikolica (C29)
- Proizvodnja ostalih prijevoznih sredstava (C30)
- Ostala prerađivačka industrija (C32)

Da bi se bolje prikupili podatci za ovaj veći uzorak, izrađena je automatska *web*-anketa [Slika 14], koristeći tzv. Formsit [10] servis. Link na anketu je slan tvrtkama i anketa je automatski (i po potrebi, anonimno) pohranila/poslala rezultate o tvrtkama i robotima za ažuriranje.

DIPLOMSKI RAD - INDUSTRIJSKI ROBOTI U HRVATSKOJ

Poštovani,

Za potrebe izrade diplomskog rada "Analiza stanja industrijske robotike u Republici Hrvatskoj" na Fakultetu strojarstva i brodogradnje ("FSB") u Zagrebu, uz mentorstvo prof. dr. sc. Bojana Jerbića, provodim istraživanje o industrijskim robotima na području Republike Hrvatske.

Vaši odgovori izuzetno su mi važni, te vas molim da odvojite samo nekoliko minuta i ispunite priloženi upitnik od samo nekoliko pitanja.

Ukoliko želite da vas povratno informiramo o rezultatima provedene ankete, molimo vas da na kraju navedete mail adresu na koju želite da vam ih dostavimo.

Iskreno Vam zahvaljujem na vašem trudu i vremenu,

Marko Šćurec

Da li vaše poduzeće posjeduje industrijske robote? * ?

☐ Da

☐ Ne

Powered by **formsite**

SLJEDEĆA STRANICA / NEXT PAGE >>

Slika 14. Screenshot - prva stranica web-ankete, izrađena preko Formsita servisa

Glavni podatci koji su dobiveni preko web-ankete i upitnika jesu:

- Ime, adresa i funkcija/djelatnost tvrtke - osim za tvrtke koje su htjele ostati anonimne.
- Broj stalnih zaposlenika – od ponuđenog izbora:
 - do 10 zaposlenika
 - 10-50 zaposlenika
 - 51-100 zaposlenika
 - 101-500 zaposlenika
 - preko 500 zaposlenika
- Godišnji promet/bruto prihod (približne vrijednosti) - od ponuđenog izbora:
 - do 1 milijuna kuna

- od 1 do 10 milijuna kuna
 - od 10 do 50 milijuna kuna
 - više od 50 milijuna kuna
- Podatci o robotima - za sljedeće kategorije:
 - Naziv proizvođača tj. 'izvora' robota
 - Tip robota, tj. ime, oznaka robota
 - Godina nabave i/ili instalacije robota
 - Opis primjene robota
 - Dodatne posebne napomene o robotu

4.1.2. *Uzorak za proizvođače robota*

Što se samih proizvođača robota tiče, za njih je bilo nemoguće prikupiti točne podatke o poslovanju s klijentima u vezi robota, uslijed poslovnih/ugovornih obveza i zahtjevima za tajnost od klijenata. Od njih su se mogli prikupiti jedino anonimni podatci o broju robota ukupno prodanih/instaliranih na području Hrvatske.

Tvrtke proizvođači koji su ponudili svoje podatke uključuju:

- HSTec (*High Speed Technique*) Zadar
- Fanuc

Iz ovog uzorka se može približno zaključiti koliko je robota u Hrvatskoj i time procijeniti točnost prikupljenih podataka iz prethodnog uzorka.

4.2. Prikupljanje podataka - slike robota i posjete tvornica

Nekoliko tvrtki je poslalo slike svojih robota, ili su dozvolili posjet tvornici u kojoj se nalazio robot te su od njih prikupljene slike, tehnička dokumentacija, snimke robota u radu i drugi podatci.

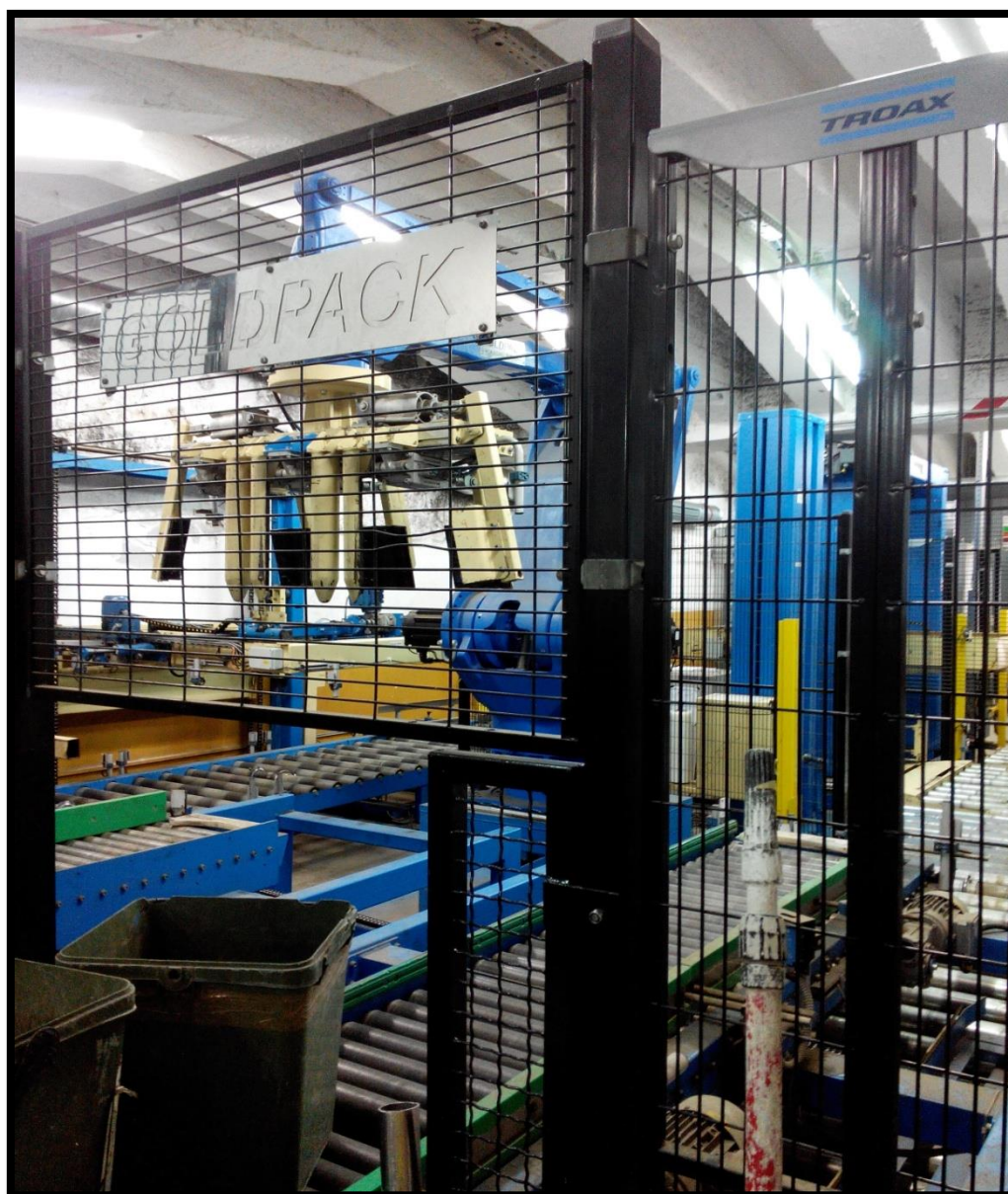
4.2.1. Posjete tvornica - Zagrebačka pivovara d.o.o.

Zagrebačka pivovara je u vrijeme posjete imala dva industrijska robota. Njihovi pogoni nisu bili u punom radnom kapacitetu, stoga nije bilo prilike vidjeti robote u radu.

Prvi robot [Slika 15][Slika 16][Slika 17] služi za manipulaciju, paletiziranje i depaletiziranje metalnih bačvi, volumena od 30 i/ili 50 litara, instaliran 2008. godine. Zbog sigurnosti zaposlenika, radni prostor robota je okružen metalnim kavezom. Prostorija u kojoj se robot nalazio je imala relativno niski strop, stoga je doseg robota bio manji nego uobičajen za tu vrstu robota.

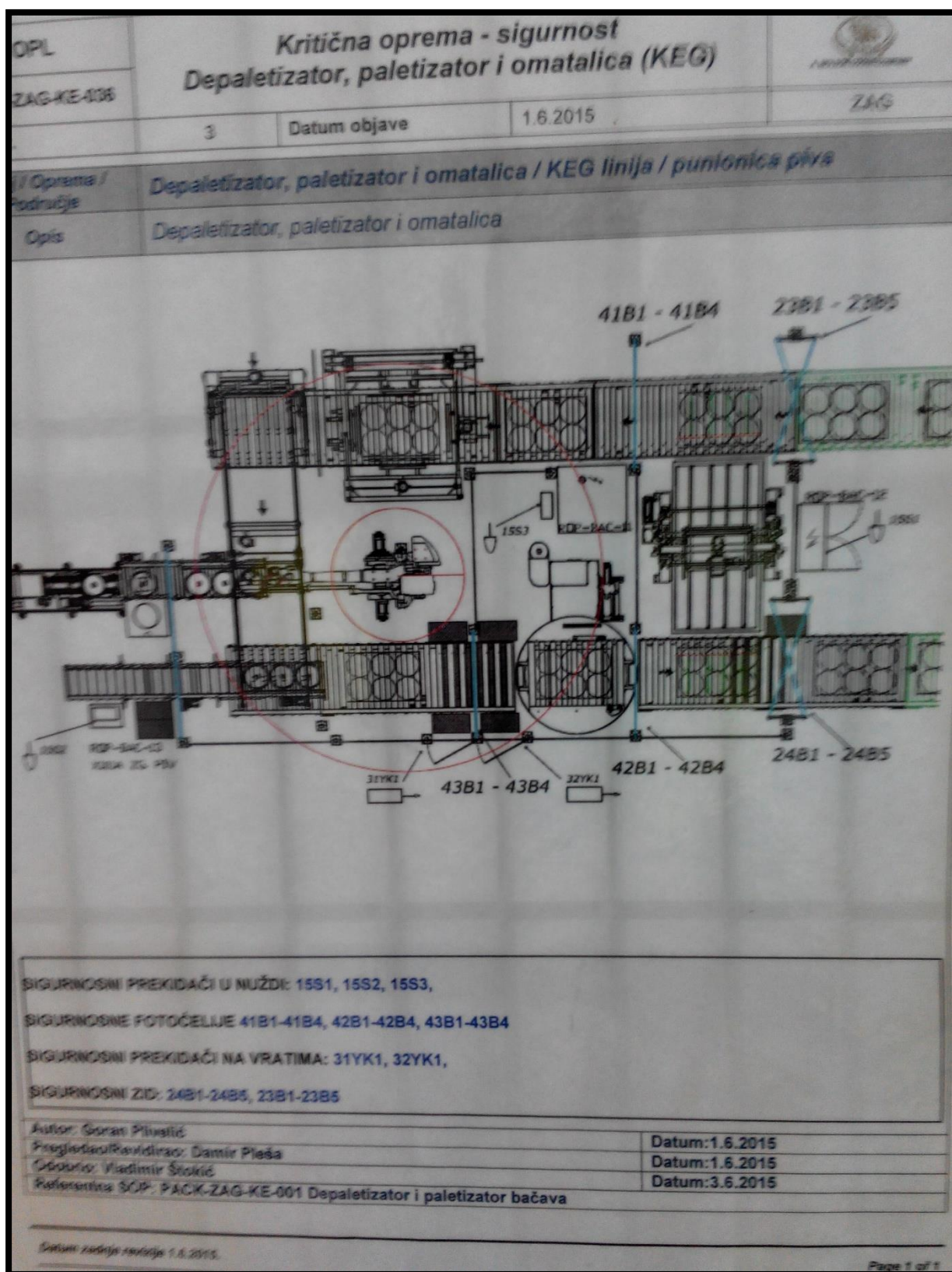


Slika 15. Zagrebačka Pivovara - robotska ruka za manipulaciju i paletiziranje metalnih bačvi, pokretne trake za bačve i palete



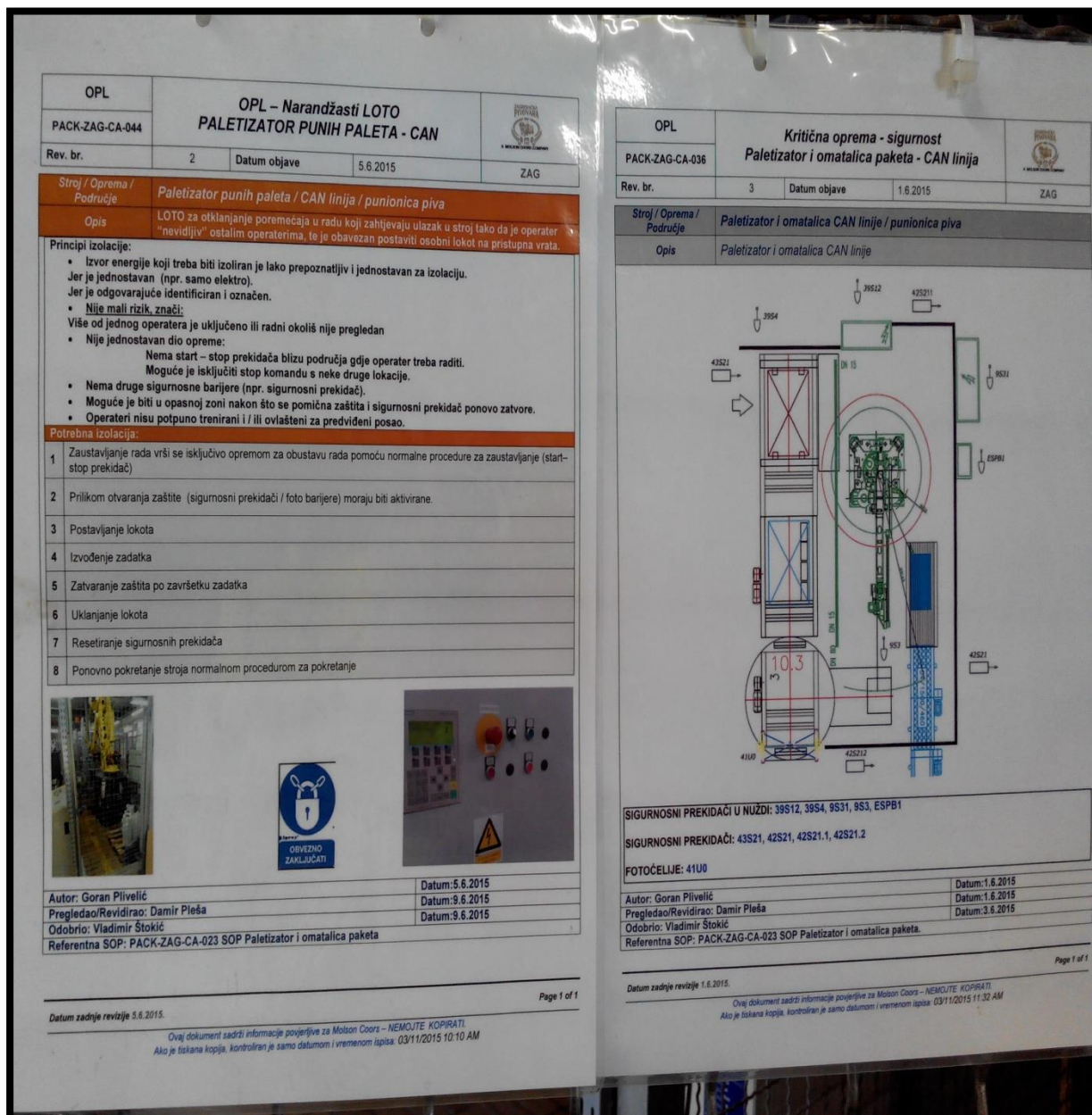
Slika 16. Zagrebačka Pivovara - pogon za bačve, sigurnosni kavez i ruka robota

Robot u punom radnom stanju bi imao maksimalni kapacitet od 180 bačvi po satu, a brzina rada se kontrolirala preko PLC programiranja (privjesak za programiranje). Sam robot je kupljen od tvrtke *GOLDPACK Packaging Systems* koja ga je instalirala, dok je originalni proizvođač tvrtka Yokoshima.



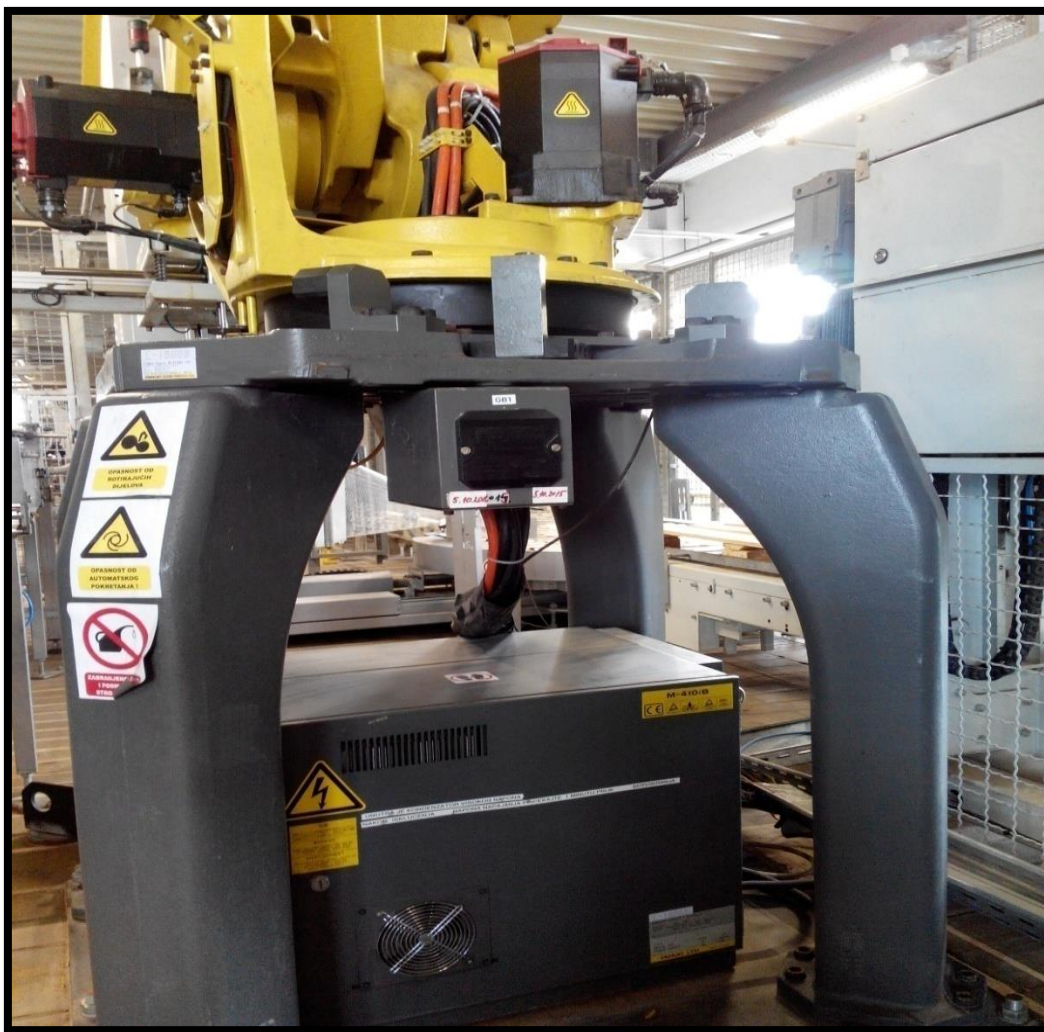
Slika 17. Zagrebačka Pivovara - radna dokumentacija i tlocrt pogona za bačve

Drugi robot u vlasništvu pivovare [Slika 18][Slika 19][Slika 20][Slika 21] služi za paletiziranje paketa limenki, instaliran 2006. godine, proizvođač *Fanuc*.



Slika 18. Zagrebačka Pivovara - radna dokumentacija i tlocrt pogona za limenke

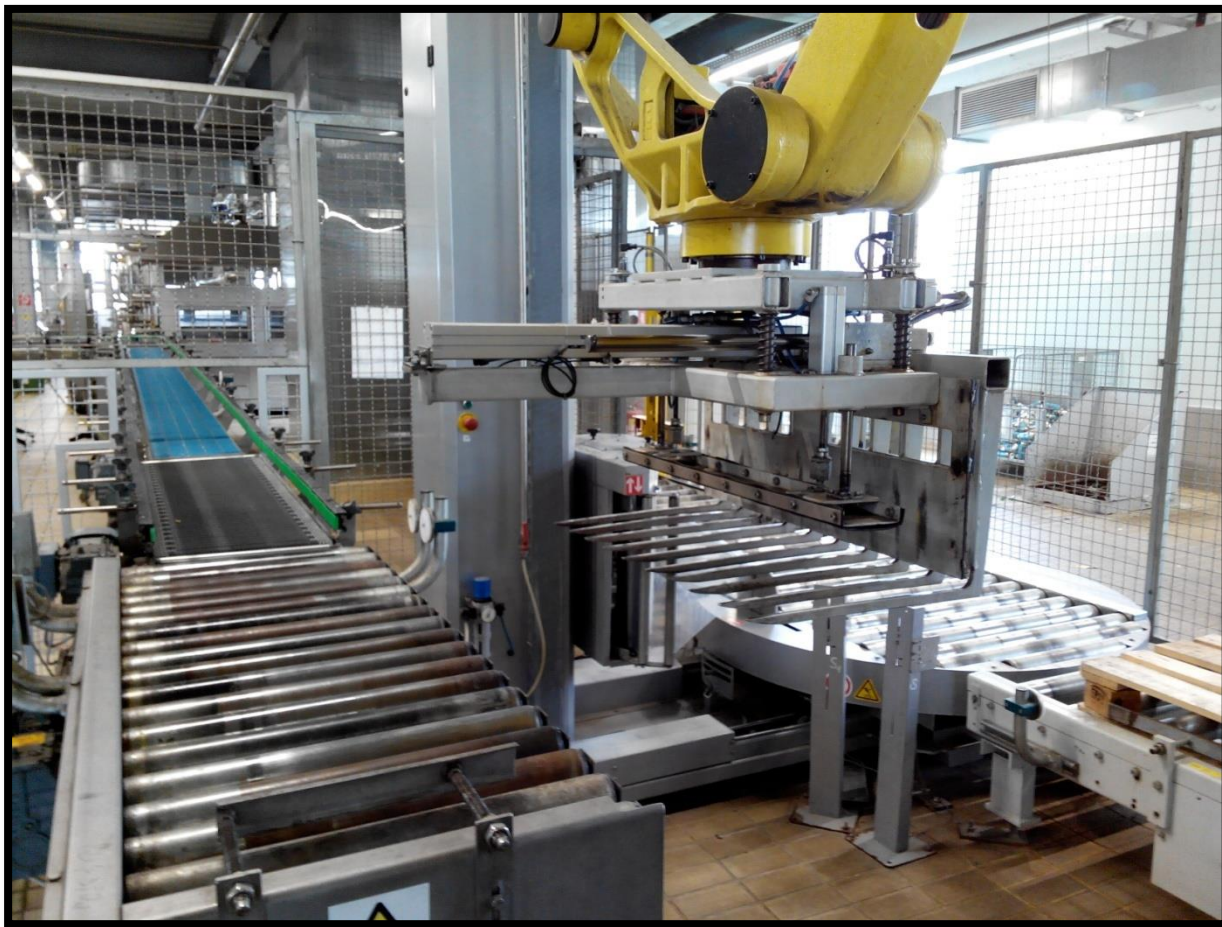
Robot posjeduje sučelje/privjesak za programiranje, marke R-J3ib, također od Fanuc-a. Hvataljka robota je takva da može pokupiti palete limenki i manipulirati istima između dvije pokretne trake.



Slika 19. Zagrebačka Pivovara - stražnja strana robota za limenke. Oznake na kutiji ispod: M-410iB, E-18989



Slika 20. Zagrebačka Pivovara - ruka robota za limenke



Slika 21. Zagrebačka Pivovara - slika pogona za limenke i hvataljke robota

4.2.2. Posjete tvornica - Franck d.d.

Tvrtka za proizvodnju prehrambenih proizvoda (čaj, kava, čips, itd.) posjeduje četiri robota. Od njih je bilo moguće vidjeti tri tijekom rada.

Prva dva robota [Slika 22][Slika 23][Slika 24] jesu robotske ruke marke 'KR QUANTEC PA', proizvođača KUKA, nabavljeni 2015. i 2016. godine. Namjena oba robota jest paletiziranje kutija proizvoda. U prilogu se može vidjeti video jednog od dva robota u radu.

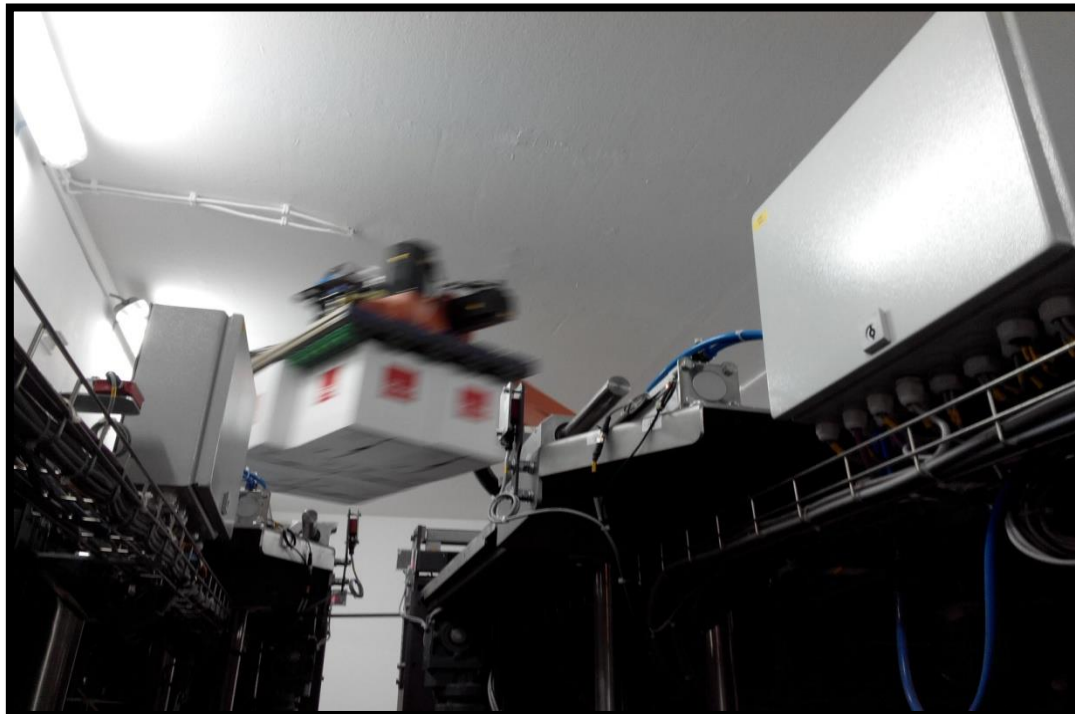
Preostala dva robota [Slika 25], koji su dio istog pogona, proizvela je tvrtka ABB, marke IRB 1600. Oba su instalirana 2015. godine. Jedan robot ima namjenu formiranja kutija od kartona, dok drugi robot potom puni istu kutiju proizvodom.



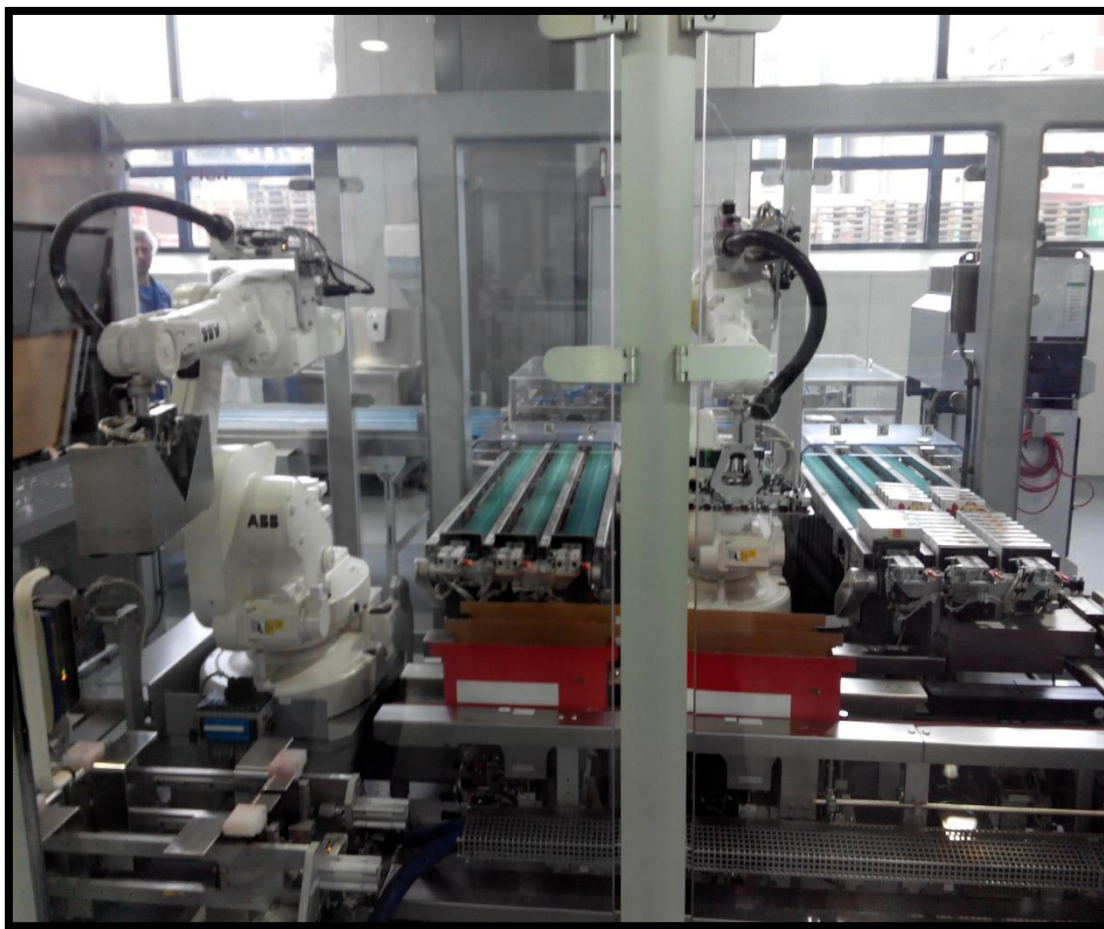
Slika 22. Franck - robot 1 za paletiziranje. Robot odjednom prenosi nekoliko kutija korištenjem pneumatske hvataljke



Slika 23. Franck - robot 2 za paletiziranje



Slika 24. Franck - robot za paletiziranje, u pokretu



Slika 25. Franck - roboti 3 i 4, za formiranje kutija (lijevo) i punjenje kutija (desno)

4.2.3. Posjete tvornica - Pliva d.o.o.

Farmaceutska tvrtka Pliva nije dopustila fotografije robota tijekom posjete, stoga za ovu posjetu nema slika ili snimki.

Tvrtka ima 20 robota, od tri različita proizvođača: četiri KUKA robota, 11 *Savoye Logistics* AGV-a (*Automated Guided Vehicle* - automatski navođeno vozilo) i pet CIMAT (*Centro de Investigación en Matemáticas*) robota:

- Dva KUKA robota, marke KR 100-2PA, za paletiziranje. Instalirani 2012. godine.
- Dvije KUKA robotske ruke, nepoznate marke, za punjenje kutija. Instalirani 2012. godine.
- Četiri GT vozila (nabavljena 2000. godine) i sedam VM automatska vozila (nabavljena 2001. godine), od *Savoye Logistics*. Sva vozila se kreću koristeći posebne oznake na podu i služe za mobilni transport paleta (GT vozila) i skladištenje robe (VM vozila).

- Pet CIMAT robota marke FLV 1, montirani na stropu (ELVECAR) da bi prenosili bin-ove (tj. proizvodne posude). Četiri ih je instalirano 2000. godine, jedan je instaliran 2008. godine.

4.2.4. Slike robota - Đuro Đaković Specijalna Vozila d.o.o.

Od tvrtke za izradu specijalnih vozila Đuro Đaković, koja trenutno posjeduje jednog robota (nabavljenog 2015. godine) i planira nabaviti novog robota za 2017. godinu, primljene su slike i tehnička dokumentacija direktno od tvrtke. Robot je marke VRC FD-B4L-MIG [Slika 26][Slika 27][Slika 28][Slika 29][Slika 30][Slika 31], namjene zavarivanje vagonskog programa. Proizvođač je tvrtka Daihlen Varstoj.



Slika 26. Đuro Đaković Specijalna Vozila - slika robota za zavarivanje

1.2 Zavarivački izvor za robotsko zavarivanje WB-P500L
1kom


Sadrži:

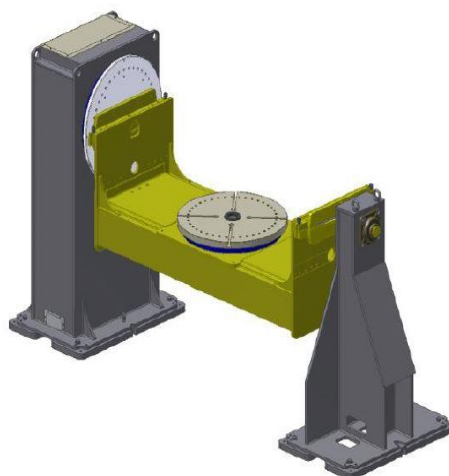
- zavarivački izvor
- robotsko sučelje
- agregat za hlađenje - kompresorski

SPECIFIKACIJE/MODEL	Welbee Inverter P500L
Model	WB - P500L
Broj faza	Tri faze
Nazivna frekvencija	50/60 Hz
Priključni napon	400 V
Raspon priključnog napona	400 V \pm 15%
Priključna snaga	25 kVA, 22.9 kW
Nazivna primarna struja	36 A
Nazivna izlazna struja	DC: 500 A, Pulse: 400 A
Nazivni izlazni napon	DC: 39 V, Pulse: 34V
Raspon struje zavarivanja	30 - 500 A
Raspon napona zavarivanja	12 - 45 V
Maksimalni napon bez opterećenja	80 V
Nazivna intermitencija (Duty Cycle)	DC: 60 % , Pulse: 80%
Broj JOB-ova	100
Najviša temperatura	160 °C
Radna temperatura	- 10 do 40 °C
Dozvoljena radna vlažnost okoline	20 - 80% (bez kondenzacije)
Temperatura skladištenja	- 20 do 55 °C
Dozvoljena vlažnost - skladištenje	20 - 80% (bez kondenzacije)
Vanjske dimenzije (WxDxH)	395mm x 710 mm x 762 mm
Masa	83 kg
Statička karakteristika	Konstantna naponska karakteristika

Slika 27. Đuro Đaković Specijalna Vozila - zavarivački izvor robota

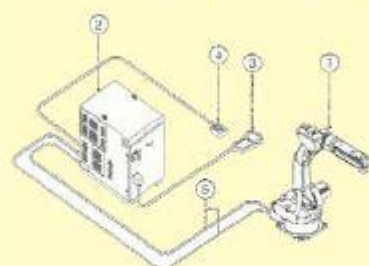
2.2 Nagibno-vrtljivi pozicioner P2000NV ROBO**1kpl**

Tehnički podaci	P-2000NV ROBO
Max. nosivost	2.000kg
Max. brzina okretanja	3,3min ⁻¹
Max. moment (okretanja)	4.115Nm
Kut okretanja	+/-200°
Max. radijus okretanja	1.500mm
Max. brzina nagiba	2,8min ⁻¹
Max. moment (nagib)	12.200Nm
Moment jarma ($\Delta a=500\text{mm}$)	-10.900Nm
Δa - udaljenost između ploče za stezanje osi okretanja	500mm
Kut nagiba	+/-210°
Ponovljivost pozicioniranja R100mm	+/-0,2mm

**Slika 28. Đuro Đaković Specijalna Vozila - robotski pozicioner**

1. Robotski sustav: VRC FD-B4L-MIG/1dm

Osnovna konfiguracija



- 1 Manipulator
- 2 Krmilje
- 3 Učni panel
- 4 Operacijski panel
- 5 Povezovalni kabli



1.1 Robot FD-B4L

1kom

Sadrži:

- robot manipulator FD B4L
- robotsko upravljanje FD (PC-osnova, operacijski sustav Windows NT);
- konzola za programiranje (user-friendly operiranje);
- upravljačka ploča;
- kablovi za povezivanje;
- transformator.

Tehnički podaci

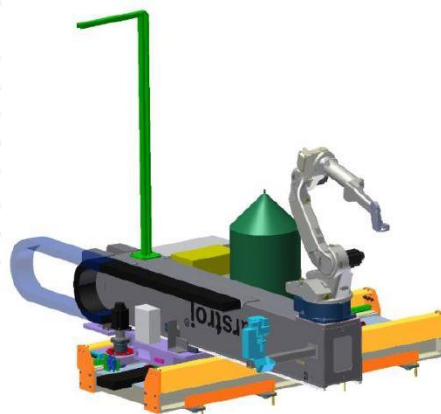
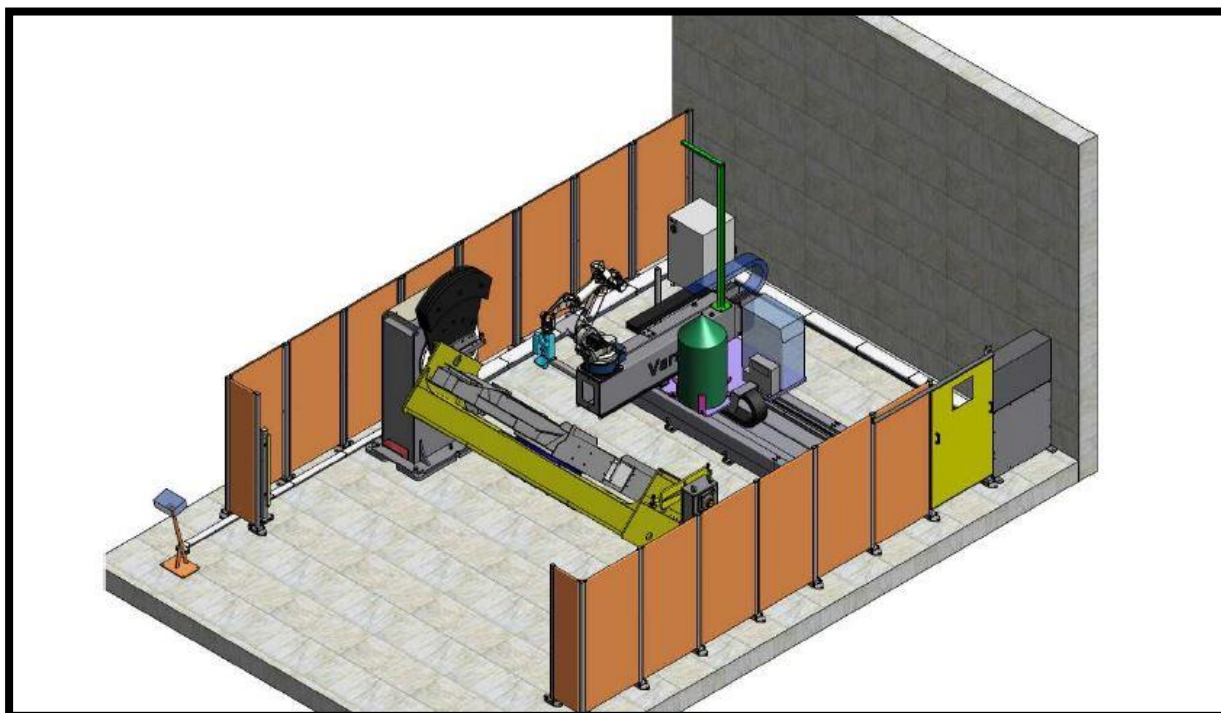
Predmet			Specifikacija
Naziv			NB4L
Broj osi			6
Max. nosivost			4 kg
Ponovljivost			± 0.1 mm
Pogonski sustav			AC servo motori
Snaga pogona			4650 W
Senzor pozicije			apsolutni enkoder
Radno područje	Ruka	Okretanje (1.os)	$\pm 170^\circ (\pm 50^\circ)$
		Nagib (2.os)	$-155^\circ \sim +100^\circ$
		Okretanje (3.os)	$-170^\circ \sim +180^\circ$
	Ručni zglob	Okretanje (4.os)	$\pm 155^\circ$
		Nagib (5.os)	$-45^\circ \sim +225^\circ$
		Okretanje (6.os)	$\pm 205^\circ$
Max. brzina	Ruka	Okretanje (1.os)	195°/sek
		Nagib (2.os)	200°/sek
		Okretanje (3.os)	200°/sek
	Ručni zglob	Okretanje (4.os)	420°/sek
		Nagib (5.os)	420°/sek
		Okretanje (6.os)	600°/sek

Slika 29. Đuro Đaković Specijalna Vozila - robotski manipulator

2.1 Robotska vozna pruga R3.500 sa Y-osi**1 kpl**

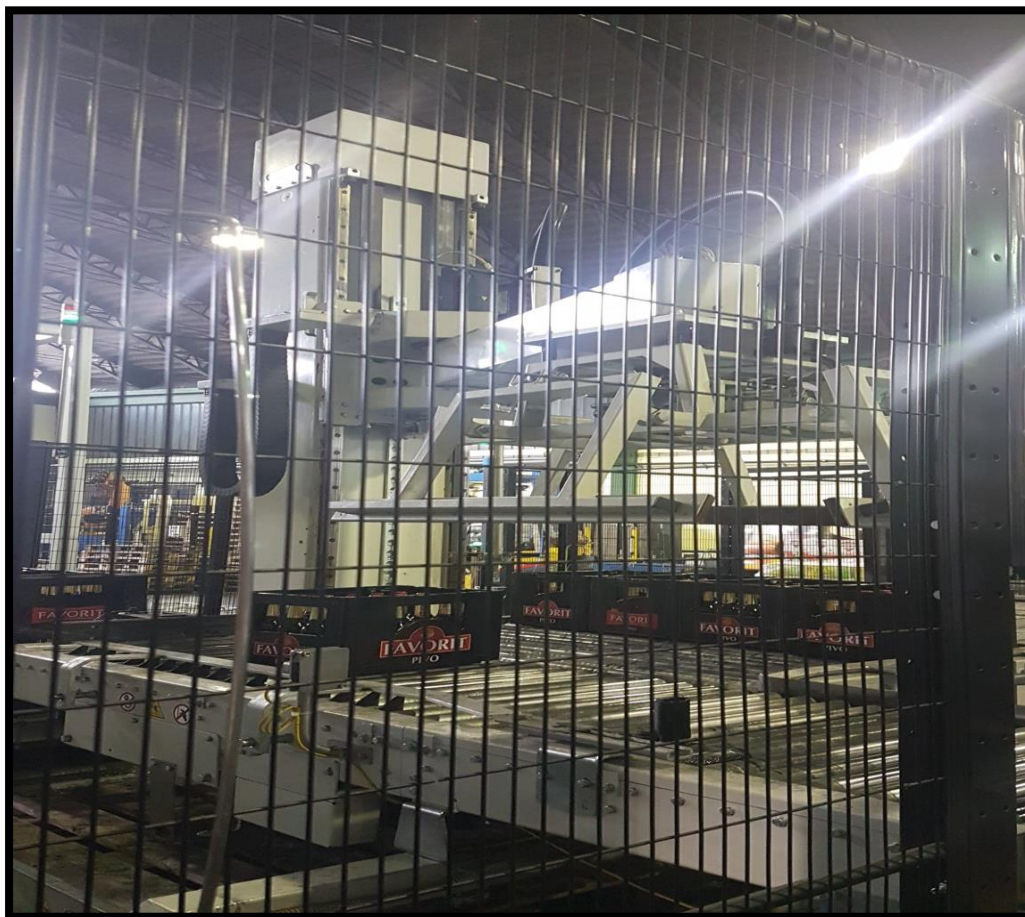
Naziv	Robotska kolica sa Y-osi 1,0m KPL.
Neto hod robota	L - 2.000mm
Max. brzina gibanja	20 m/min
Max. nosivost (1 kolica),	600 kg
Ponovljivost pozicioniranja	± 0.2 mm
Pogonski sistem - X-os	2kW; AC servomotor
Pogonski sistem - Y-os	1,2kW; AC servomotor

- Upravljanje vožnje robota na voznoj prugi vrši se sa konzolom za programiranje robota;
- Pomicanja robota po prugi u dodirnoj točki vozne pruge – robotska eksterna os;
- Sinhroni rad robota za zavarivanje i pomaka po voznoj prugi;
- Vozna pruga za X- i Y-os: 2x linearne kuglične vodilice, pogon preko AC servomotora i planetarnog reduktora na zubatu letvu;
- suport za pomak po Y-osi max. hod 1.750mm - vanjska robotska os.

**Slika 30. Đuro Đaković Specijalna Vozila - robotska vozna pruga****Slika 31. Đuro Đaković Specijalna Vozila - model stanice / radnog prostora robota**

4.2.5. Slike robota - Istarska Pivovara d.o.o.

Istarska Pivovara je također poslala slike svoja dva robota. Prvi je TRANSPAK robot za paletizaciju i depaletizaciju sanduka za pivo, instaliran 2009. godine [Slika 32][Slika 33].



Slika 32. Istarska Pivovara - robot za paletizaciju/depaletizaciju sanduka za pivo



Slika 33. Istarska Pivovara - identifikacijske ploče za oba robota

Drugi robot služi za paletizaciju paketa i umetanje među-rednih kartona u punionici PET (polietilen-tereftalat) boca, marke KR 210, proizvođača KUKA i instaliran 2011. godine [Slika 34].



Slika 34. Istarska Pivovara - robot za paletizaciju paketa i umetanje među-rednih kartona u punionici PET boca

5. GLAVNI PROIZVOĐAČI I MARKE ROBOTA

U ovom poglavlju će se prezentirati nekoliko značajnih tvrtki proizvođača/distributera robota koje su poslovale na području Hrvatske i nekoliko popularnih ili unikatnih tipova i marki robota u Hrvatskoj, identificiranih preko ankete.

5.1. Tvrtke za područje Hrvatske

Značajne tvrtke za Hrvatsku, uslijed broja distribuiranih robota i općenito interakcije s našim tržištem, jesu ABB, Fanuc, HSTec i KUKA.

5.1.1. ABB

ABB (*ASEA Brown Boveri*), također znan kao i ABB Group, je Švedsko-Švicarska tvrtka osnovana 1988. godine [11], kroz spajanje dviju drugih tvrtki: ASEA (*Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget*), tzv. Generalna švedska električna tvrtka [12] i Brown, Boveri (*BBC*), tzv. Švicarska tvrtka za električno inženjerstvo [13]. ABB je danas jedna od najvećih inženjerskih tvrtki i konglomerata. Ističe se u područjima robotike, električnih mreža, industrijske automatizacije i električnih proizvoda [14]. U Hrvatskoj posjeduje sjedište u Zagrebu i značajan je distributer robotskih 'ruku' [15].

5.1.2. Fanuc

Fanuc (*Fuji Automatic Numerical Control*) je tvrtka koju je 1956. godine [16] osnovao dr. Seiueemon Inabe [17]. On je začetnik ideje fleksibilne numeričke kontrole (*Numerical Control*, NC). Tvrtka je ujedno jedna od prvih u Japanu koja je izgradila tvornicu s NC automatiziranim alatima. 1975. godine Fanuc je proizveo prvog robota za Europu, a danas je vodeći proizvođač sustava za automatizaciju u tvornicama i industrijskim postrojenjima.

Od svog osnutka do danas tvrtka je proizvela preko 400.000 robota i 2,4 mil. CNC (*Computer Numerical Control*) sustava, a 2015. godine proizvela je prvog industrijskog 'kolaborativnog' robota [18], tj. robota koji je u stanju sigurno raditi, neposredno uz čovjeka. Što se poslovanja s Hrvatskom tiče, u Sloveniji se nalazi postrojenje *Fanuc Adria d.o.o.* [19] koje osim s

Hrvatskom trenutno posluje i sa Slovenijom, Bosnom i Hercegovinom, Srbijom, Kosovom i Crnom Gorom. Trenutno je najznačajniji proizvođač robota za Hrvatsku.

5.1.3. HSTec

HSTec (*High Speed Technique*) je Hrvatska tvrtka, osnovana 1997. godine u suradnji s tvrtkom za alatne strojeve SAS Zadar i njemačkom tvrtkom za elektromotorne pogone, Bosch-Rexroth. Tvrtka se fokusira na visokobrzinske tehnologije (elektromotorna vretena, direktni pogoni, itd.) te za inženjering, projektiranje i automatizaciju posebnih obradnih strojeva i sustava. Za Hrvatsku robotiku je značajna uslijed direktne suradnje s ABB Robotics kao implementacijski partner za robotsku automatizaciju, tj. kao distributer robota. [20]

5.1.4. KUKA

Tvrtku KUKA (*Keller und Knappich Augsburg*) osnovali su 1898. Godine u Njemačkoj Johann Josef Keller i Jacob Knappich [21], prvobitno kao tvrtku za izradu rasvjetnih sustava, no ubrzo proširuju svoju aktivnost na područje plinskog zavarivanja. Od tada nastavljaju kao inovatori i izumitelji novih sustava za automatizaciju ili unapređenje zavarivanja. 1972. godine tvrtka uspostavlja prvu liniju za zavarivanje s robotima. Godinu dana kasnije postaje pionir robotike s FAMULUS-om, robotom sa šest elektromehaničkih stupnjeva slobode. 2007. godine tvrtka predstavlja KR titan, robota s nosivošću od jedne tone, tada najjačeg robota na svijetu. Naknadno u 2013. Godini predstavlja LBR iiwa, prvog robota s integriranim senzorima u svakom stupnju slobode.

5.2. Najzastupljeniji tipovi robota za područje Hrvatske

Po funkciji, većinu robota u Hrvatskoj se može podijeliti na četiri osnovne skupine: Industrijski manipulatori (tj. robotske ruke), roboti za zavarivanje, roboti paletizatori i roboti posebne izrade.

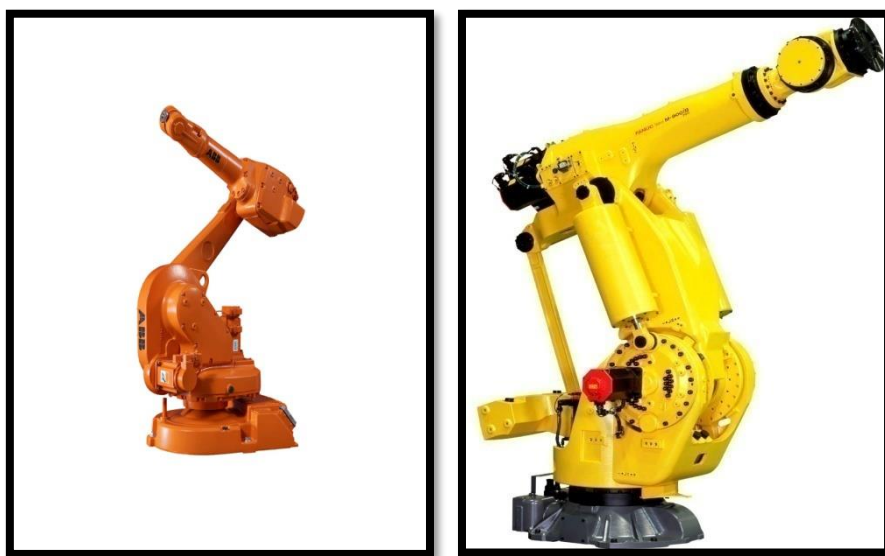
5.2.1. Industrijski manipulatori, robotske ruke

Ova klasifikacije uključuje većinu robotskih ruku, tj. šest-osnih robota s prihvatnicom za višestruku i fleksibilnu industrijsku primjenu - bilo manipulaciju/prijenos objekata, direktne obrade materijala (npr. glodanje, zavarivanje), izradu kutija, itd. Iz podataka ankete, u ovu

skupinu se mogu staviti sljedeće marke robota [Slika 35], uz proizvođače/distributere navedene u zagradi:

- R-J3iC R-2000iB/210F (Fanuc)
- R-J3iC R-2000iB/165F (Fanuc)
- KR QUANTEC PA (KUKA)
- IRB 1600 (ABB)
- MOTOMAN HP-20 (Yaskawa)
- ABB 4400/45 (ABB)
- Jokoshima (GOLDPACK)
- M900iB/700 (Fanuc)
- M-20iA/35M (Fanuc)
- IRB6700 (ABB)
- KR 210 (KUKA)
- M-6iB (Fanuc)
- Multi-ERM (Erowa)
- M-710iC (Fanuc)
- M-10iA (Fanuc)
- TV550A (Toshiba)
- TV1000 (Toshiba)
- TV650A (Toshiba)
- IRB 140 (ABB)
- TX 40 Robotic Arm (Stäubli)
- IRB 6400 2.4/200 (ABB)
- IRB 6700 2.6/200 (ABB)
- IRB 360 (ABB)
- IRB 4600 (ABB)
- KR140 (KUKA)
- LRMate 20i (Fanuc)

- RS4-RV130 (KUKA)
- RS5-RV60 (KUKA)
- M900iA (Fanuc)
- C3G Plus (COMAU)
- MX350L (Kawasaki)



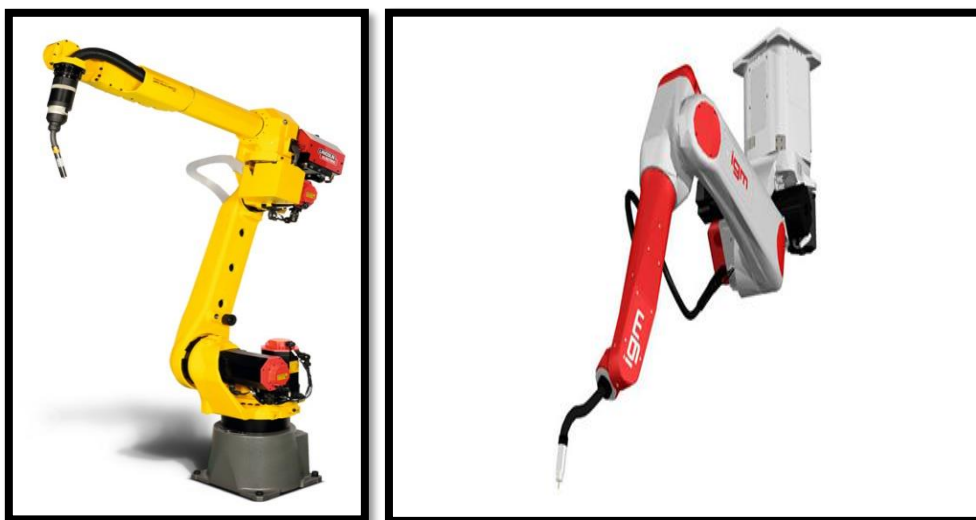
Slika 35. Primjer robotskih ruka za industriju - IRB 140 (lijevo), M900iB (desno)

5.2.2. Roboti za zavarivanje

Ove marke robota su slične prethodnim, tj. oblika su ruke sa šest stupnjeva slobode gibanja, no dizajnirani su specifično za zadatak zavarivanja materijala, npr. s glavom koja obavlja zavarivanje korištenjem plazme [Slika 36]. U tu skupinu uključujemo marke:

- R-j3ib ili Arcmate120iB (Fanuc)
- AM-100iC ili Arcmate100ic (Fanuc)
- AM-120iC ili Arcmate120ic (Fanuc)
- VRC FD-B4L (OTC Daihen)
- Rti 330 (IGM)
- AX-MV4AP1 NEFN (OTC Daihen)
- NB 42 NEFN (OTC Daihen)

- ArcMate100iB (Fanuc)
- Qirox350 (Cloos)
- INV (IGM)



Slika 36. Primjer robota za zavarivanje - Arcmate120iC (lijevo), Rti 330 (desno)

5.2.3. Paletizatori

Ovi roboti su namijenjeni za paletizaciju, tj. za razmještaj proizvoda ili kutija proizvoda na paletu, ili za omatanje i prijenos palete [Slika 37]. Uključujemo:

- KR 100-2PA (KUKA)
- M410iB (Fanuc)
- MICROPACK/BS20 (LANCIA S.r.L)



Slika 37. Primjer robota za paletizaciju - M410iB

5.2.4. Roboti posebne izrade - unikatne funkcije

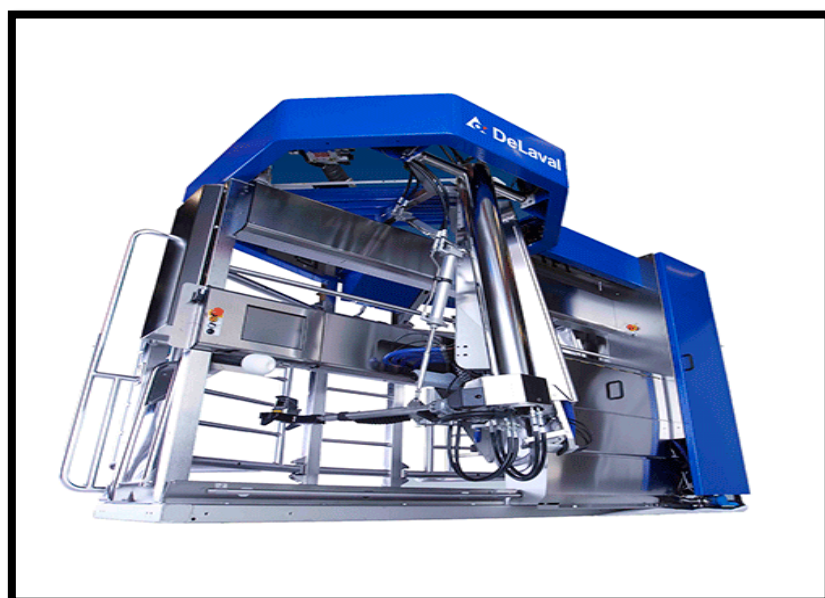
Ovi roboti su dizajnirani za veoma specifičnu funkciju ili zadatak i ne spadaju u nijednu od prethodnih skupina, ili su unikatni po svojoj konstrukciji. Posebno treba pogledati nekoliko zanimljivih primjeraka ovih tipova robota.

AGM (Automated Guided Vehicle) su automatski navođena vozila [22], roboti koji prate posebne oznake na podu za određivanje svoje putanje kretanja. Služe kao vozila (najčešće dizajnirani kao viličar) za prijevoz tereta, tj. kutija, paleta, proizvoda, itd., s jedne lokacije na drugu. U ovu skupinu se mogu navesti marke GT (Savoye Logistics), VM (CIMAT), ROBOT S6 PVS (RoboPac) [Slika 38], TGV BOX (TECNO Ferrari).



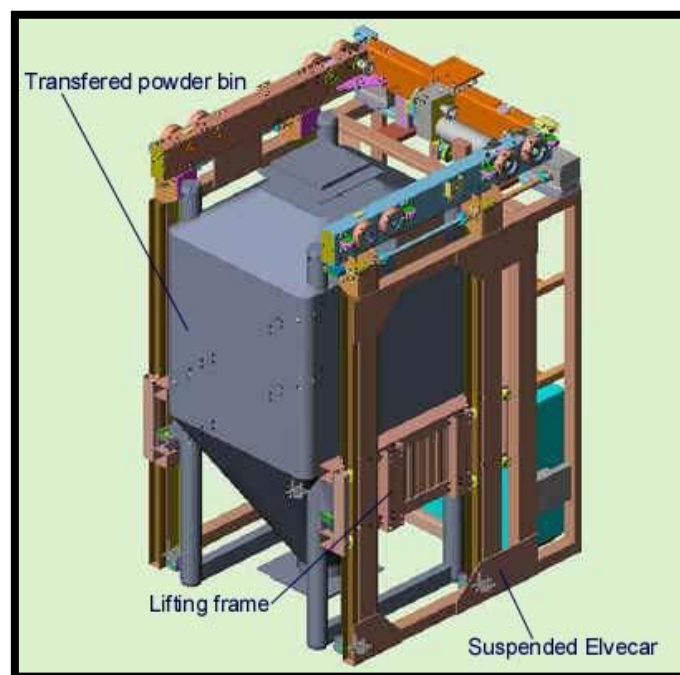
Slika 38. Automatski navođeno vozilo - S6 PVS

'VMS Muzne stanice' [Slika 39], od proizvođača DeLaval, su kombinacija postrojenja i robota - stanica za mužnju krava ili druge stoke. Uređaj je u stanju odrediti točnu lokaciju krave i vimena i provodi mužnju i čišćenje krave korištenjem robotskih ruku sa senzorima i hidrosustavima [23]. U Hrvatskoj postoji 6 muznih stanica, u vlasništvu tvrtke Belje.



Slika 39. VMS muzna stanica - robot za mužnju, tvrtke DeLaval

'Elvecar' [Slika 40] je robot montiran na stropu, koji se kreće kroz postrojenje korištenjem posebnih tračnica na stropu [24]. Ovaj robot služi za prijevoz velikih proizvodnih posuda (bin-ovi) u Plivi, marke FLV1.



Slika 40. Dijagram prikazuje konstrukciju Elvecar-a [24]

SCARA (*Selective Compliance Assembly Robot Arm*) [Slika 41] je robotska ruka s četiri stupnja slobode gibanja, namijenjena za montažu dijelova ili proizvoda [25]. Primjer ovog robota je TH450 tvrtke Toshiba.



Slika 41. SCARA robot s 4 osi (lijevo), dijagram konfiguracije SCARA robota (desno)

SMT (Surface Mount Technology) roboti su roboti uglavnom namijenjeni za izradu ili montažu elektroničkih ploča, tj. SMD (*Surface Mount Device*) proizvode. Oni rade na principu da elektroničke dijelove direktno montiraju na površinu elektroničkih ploča [26].

Primjeri SMT-a jesu:

- CP45FV NEO (Samsung)
- QUADRA LASER (TWS)
- AIMEX II (FUJI MACHINE MFG.)

Tvrtka Tajima je proizvođač posebnih robota za obradu tekstilnih proizvoda, točnije za vez (šivanje) na tekstilu [27], koji su u biti robotske verzije stroja za šivanje. Marke ovih robota su TEHX-C1501 i TFHX-C1206 [Slika 42].



Slika 42. TEHX robot za šivanje tvrtke Tajima, tijekom rada

Osim za zavarivanje, postoje roboti specijalizirani i za druge inženjerske metode obrade: Tako postoje robotske ruke za rezanje smicanjem (*shear robot*), marke 'Guimadira SM 1030' i robot za rezanje plazmom, 'a120 cutmaster'.

6. STATISTIČKA ANALIZA ROBOTSKE PRIMJENE U HRVATSKOJ

Ovo poglavlje, vezano uz statistiku za industrijske robote u Hrvatskoj, podijeljeno je na sljedeće cjeline:

- Broj tvrtki koje su odgovorile na anketu, s potpunim, djelomičnim, ili anonimnim informacijama o industrijskim robotima i podatci o samom uzorku.
- Ukupan broj robota (prema prikupljenim podacima ankete, izvorima i pretpostavkama).
- Broj robota po godinama, od 1999. - 2017. godine i procjena postotka rasta.
- Prosjek gustoće robota na 10.000 zaposlenika, za proizvodnu industrijsku granu (prema HGK-u).
- Statistika robota prema vlasnicima-tvrtkama (veličina i vrsta).
- Statistika robota prema vrsti (marki, tipu) i funkciji robota.
- Statistika raspodjele robota između geografskih područja i regija.
- Statistika proizvođača i prodavača/distributera robota za područje Hrvatske.
- Predviđanja razvoja i rasta za Hrvatsku do 2018. godine.

6.1. Broj tvrtki uključenih u anketu

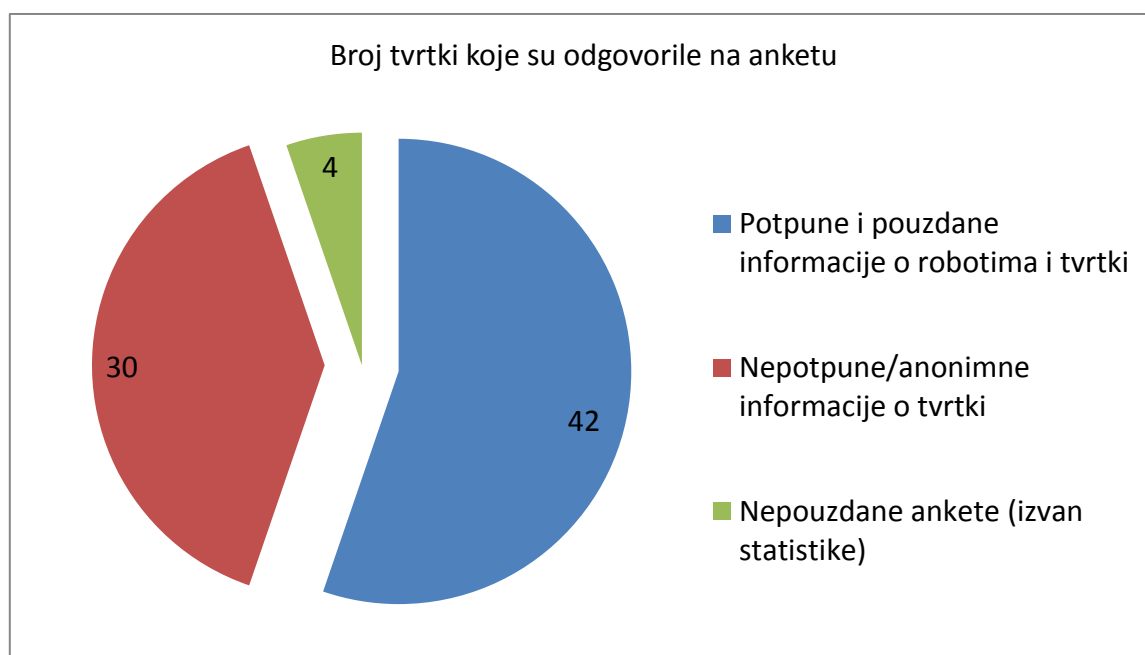
Za ovo poglavlje, tvrtke koje su odgovorile na anketu [Slika 43] su podijeljene na dvije skupine:

- One koje su za anketu priložile sve tražene podatke za tvrtku i same robote i čiji su podatci pouzdano točni. U ovu skupinu ukupno spada **42** tvrtke.
- Tvrtke koje su priložile podatke o robotima, no nisu se izjasnile o svom identitetu, tj. zatražile su anonimnost. U ovu skupinu spada **30** tvrtki.

Osim ove dvije skupine, priloženi podatci za četiri ankete bili su izvan razumnog opsega točnosti. Ove ankete nisu uključene u statistiku.

Sveukupno, može se zaključiti da u Hrvatskoj postoji minimalno **72** tvrtke koje u svom vlasništvu imaju robote.

Što se samog uzorka ankete tiče, *email*-om je kontaktirano preko 1500 različitih tvrtki, od kojih je 72 odgovorilo potvrdno (tj. da posjeduju robote) i preko 100 je odgovorilo negativno (tj. da ne posjeduju robote).



Slika 43. Grafikon - broj tvrtki koje su odgovorile na anketu

6.2. Ukupan broj robota u anketi i usporedba s procjenama

Za ovu statistiku [Tablica 2], roboti su podijeljeni u dvije skupine:

- Roboti za koje postoje potpuni podatci, tj. poznata je marka, funkcija, godina nabave i/ili isporuke i proizvođač ili distributer. U ovu skupinu spada **170** robota.
- Roboti za koje se zna samo da su prisutni u hrvatskim tvrtkama, tj. poznat je broj - marka, porijeklo i drugi podatci nisu navedeni, ili tvrtka nije mogla potvrditi podatke. U ovu skupinu spada **156** robota.

Ako se pretpostavi da su podatci točni, u Hrvatskoj ima sveukupno/minimalno **326** robota. Tu brojku se može usporediti s procjenama - prije nego što je anketa bila dovršena, prof. dr. sc. Bojan Jerbić, voditelj zavoda za Robotiku FSB-a i mentor rada, je na temelju osobnog iskustva pretpostavio minimalno **200** robota [28].

Alternativna procjena dolazi od HGK-a, koja je nedavno objavila članak [29] po kojemu pretpostavlja broj od **175** robota - iako bi s obzirom na potrebe gospodarstva Hrvatska trebala imati barem 2000 robota.

Još jedna procjena broja robota dobiva se direktno od tvrtki koje su proizvele i distribuirale robote - Fanuc, HSTec. Nažalost, radi njihovih ugovornih obaveza i zahtjeva o povjerljivosti, podatke je bilo teže prikupiti. Na temelju ustupljenih podataka, može se potvrditi da je hrvatskim tvrtkama distribuirano ili prodano najmanje **101** robot.

Tablica 2. Ukupan broj robota u Hrvatskim tvrtkama za anketu i prema procjenama

Broj robota prema procjeni mentora	200
Broj robota prema procjeni HGK-a	175
Broj robota prema podacima tvrtki proizvođača i distributera robota	101
Ukupan broj robota prema podacima ankete	326 (170 potpuni podatci za robote, 156 nepotpuni podatci za robote)
Idealni broj robota za trenutno gospodarsko stanje prema procjeni HGK-a	2000

Odmah je vidljivo da sadašnji broj robota u Hrvatskoj premašuje ili je blizu prvobitne procjene, no još uvijek je daleko ispod HGK-ove procjene o 'potrebnoj' broju robota s obzirom na svoj gospodarski potencijal i status.

6.3. Broj robota po godinama, od 1999. - 2017. godine

Za ovu statistiku [Tablica 3], svi roboti u anketi za koje je navedena godina instalacije ili nabave podijeljeni su po godinama, od 1999. - 2017. godine. Postotak rasta robota izračunat je prema formuli (1):

$$\frac{\text{Ukupan broj robota (trenutna god.)} - \text{Ukupan broj robota (prethodna god.)}}{\text{Ukupan broj robota (prethodna god.)}}$$

$$= \text{Postotak rasta (\%)} \quad (1)$$

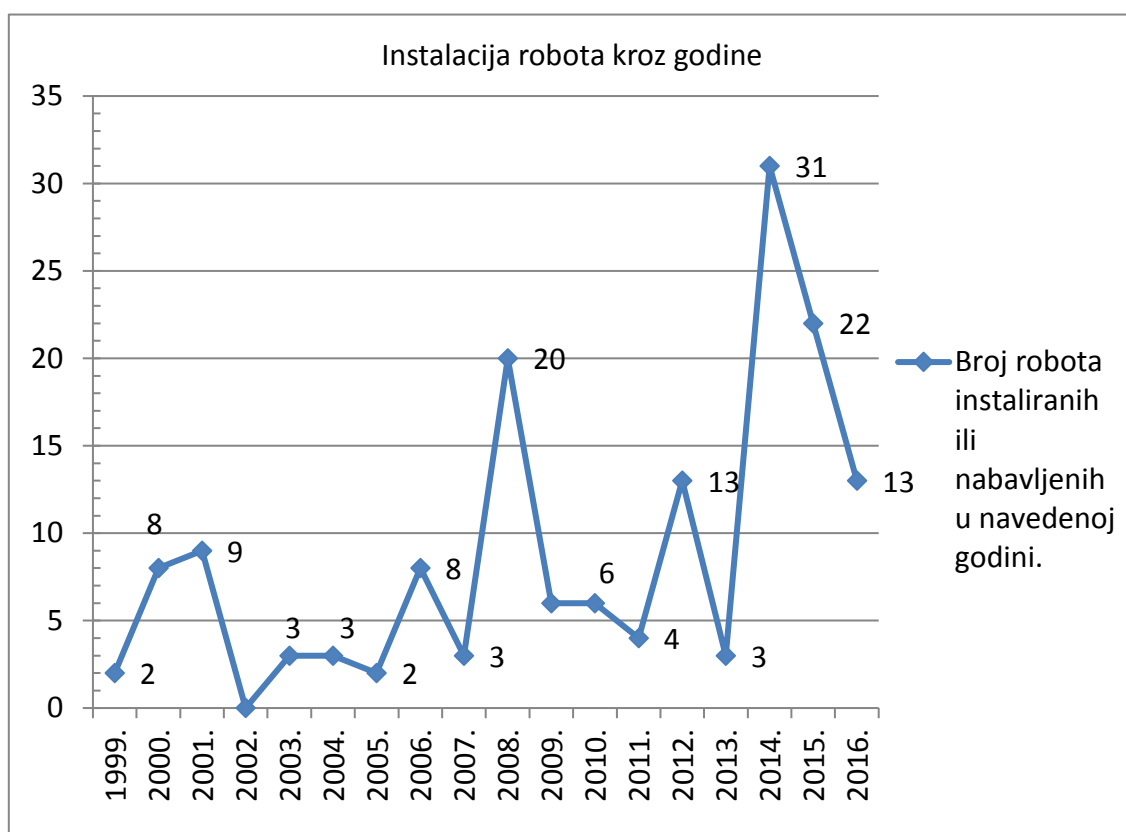
Radi jednostavnosti prikaza pretpostavljeno je da prije 1999. godine nije bilo robota. Također je naveden i broj robota za koje nije poznata godina instalacije ili nabave (vlasnici nisu naveli godinu).

Tablica 3. Broj robota instaliranih/nabavljenih u hrvatskim tvrtkama, po godinama

Godina (nabave ili instalacije robota)	Broj robota u anketi	Postotak rasta
1999.	2	100 %
2000.	8	400 %
2001.	9	90 %
2002.	0	0
2003.	3	16 %
2004.	3	14 %
2005.	2	8 %
2006.	8	30 %
2007.	3	9 %
2008.	23	61 %
2009.	6	10 %
2010.	6	9 %
2011.	4	5 %

2012.	13	17 %
2013.	3	3 %
2014.	31	33 %
2015.	22	18 %
2016.	13	9 %
2017.	1	1 %
Nepoznate godine	166	/
Ukupno	326	44 % (prosjeak)

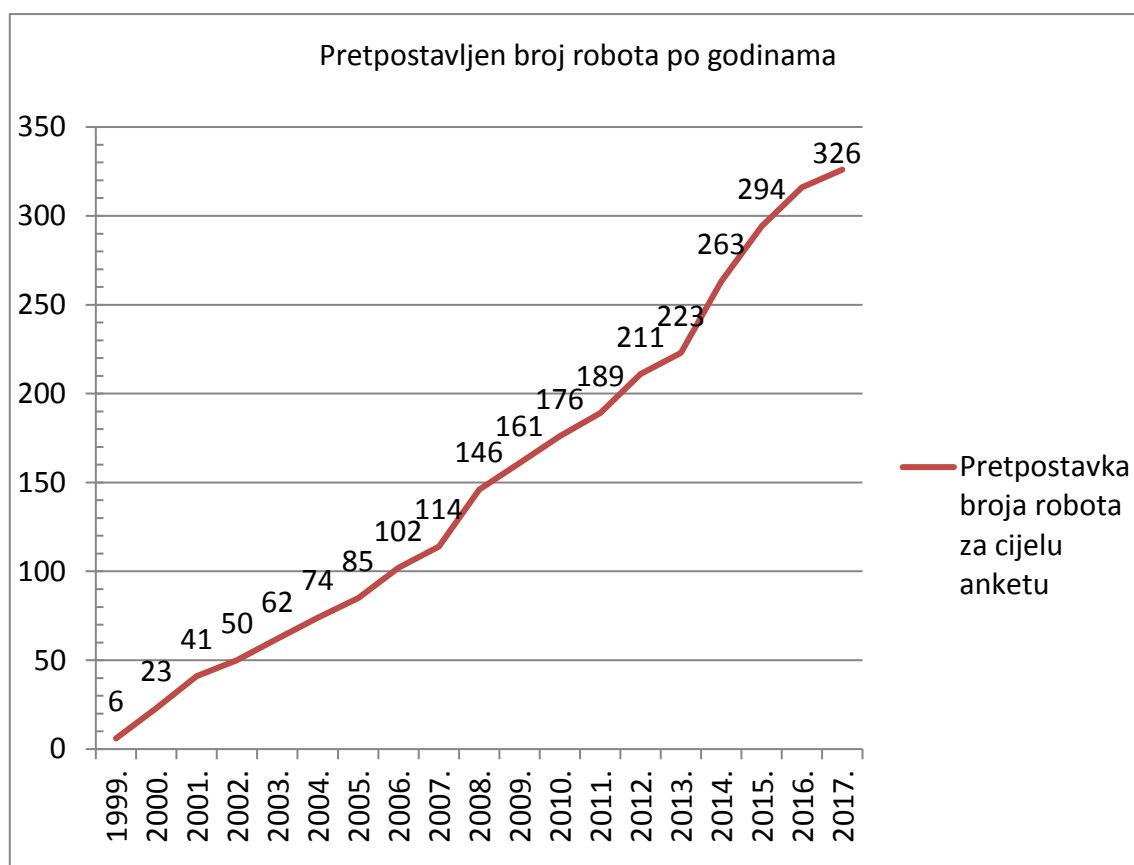
Prema podacima iz tablice, može se napraviti grafikon instalacije robota kroz godine [Slika 44]. Pritom će se izuzeti 2017. godina, pošto za nju postoje podatci samo za jedan mjesec.



Slika 44. Grafikon - instalacija robota kroz godine

Valja napomenuti da je 2009. godina bila godina ekonomske recesije i te je godine bio značajan globalni pad u nabavi robota. Za Hrvatsku je došlo do naglog porasta u broju robota neposredno prije recesije, nakon čega je došlo do naglog pada i stagnacije od nekoliko godina (dulje od ostalih država, koje su se oporavile nakon jedne godine), sve do 2014. godine kada je došlo do 'oporavka' tržišta i najvećeg rasta ikad.

Također se može napraviti grafikon pretpostavljenog broja robota po godinama [Slika 45] za koji se uvrštava 160 robota za koje su poznate godine instalacije i 166 robota za koje nisu poznate godine instalacije (nasumično raspoređeni unutar grafa).



Slika 45. Grafikon - pretpostavljen broj robota po godinama

Vidljivo je da broj robota kroz godine jednolično raste, tj. da nije prisutna 'stagnacija' robota, za približno 10 do 30 robota godišnje.

6.4. Gustoća robota u Hrvatskoj na 10.000 zaposlenika

Za ovu statistiku, potrebni su podaci Državnog zavoda za statistiku [30], točnije, dokumenti o zaposlenosti kroz godine. U prilogu se nalaze izvori podataka u obliku .pdf dokumenta o zaposlenosti u Hrvatskoj za 2015. godinu, dobiveni s *web*-stranica DZS.

Prema dokumentaciji DZS, godišnji prosjek broja zaposlenika u Hrvatskoj je **1.412.222** za pravne osobe i **194.142** za slobodne obrte i profesije, što sveukupno čini godišnji prosjek od **1.335.364** zaposlenika, za 2015. godinu.

Gledajući posebno broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji, od ukupno **227.863** zaposlenih, **199.152** je bilo zaposleno kod pravnih osoba i **28.711** u obrtima i slobodnim profesijama.

Da bi se odredio prosječan broj robota na 10.000 zaposlenika, računa se pomoću formule (2), uvrštavajući ukupan broj robota (prema anketi) te prosječan broj stalnih zaposlenika za 2015. godinu.

$$\left(\frac{\text{Broj robota (anketa)}}{\text{Prosječan godišnji broj zaposlenika}} \right) \cdot 10.000 =$$

$$= \text{Gustoća robota na 10.000 zaposlenika} \quad (2)$$

Koristeći formulu (3), može se izračunati prosječan broj robota na 10.000 zaposlenika, za hrvatsku proizvodnu granu.

$$\left(\frac{326}{227863} \right) \cdot 10.000 = 14,3 \quad (3)$$

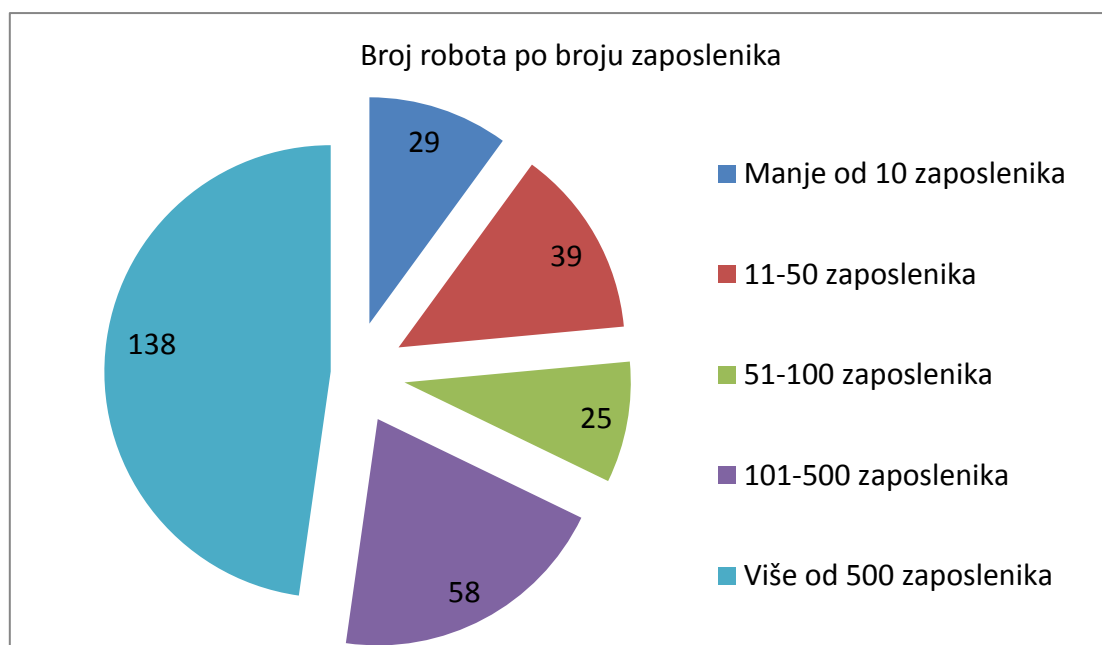
S brojem of **14,3** robota na 10.000 zaposlenika, može se zaključiti da je hrvatski prosjek daleko ispod svjetskog od 66, ali i Europskog od 85 za 2014. godinu. Po gustoći, Hrvatska spada u grupu 'ostalih država', s minimalnom automobilskom industrijom.

6.5. Statistika o tvrtkama-vlasnicima robota (veličina i djelatnost tvrtke)

Koristeći podatke o broju trajno zaposlenih u tvrtkama i godišnjem prometu tvrtke, moguće je odrediti raspodijeljenost robota, tj. procijeniti koliko robota postoji u tvrtkama velike, srednje i male veličine (po zaposlenosti ili godišnjem prometu) [Tablica 4][Slika 46][Slika 47].

Tablica 4. Broj robota (ukupno u anketi) prema veličini tvrtke (zaposlenost, promet)

Broj trajno zaposlenih u tvrtki	Broj robota (prema broju zaposlenika)	Godišnji promet (u mil. kn) tvrtke	Broj robota (prema godišnjem prometu)
< 10	29	< 1 mil. kn	8
11-50	39	1-10 mil. kn	40
51-100	25	10-50 mil. kn	107
101-500	58	> 50 mil. kn	134
> 500	138	/	/

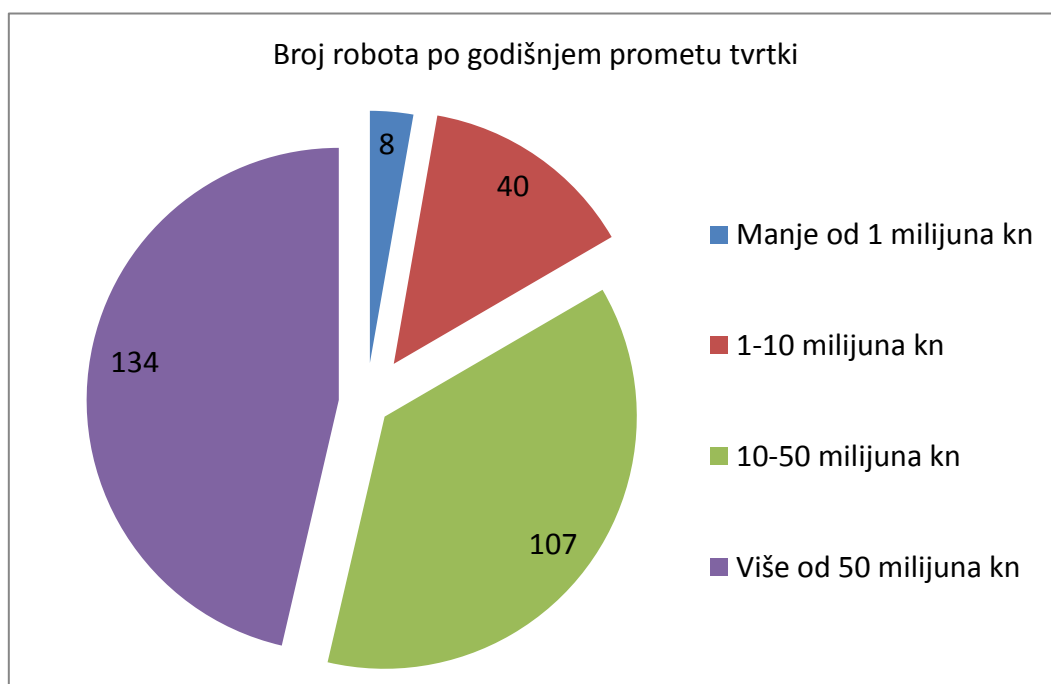


Slika 46. Grafikon - broj robota po broju zaposlenika

Prema očekivanju, najveći broj robota je u tvrtkama s većim brojem zaposlenika i većim godišnjim prometom.

No, može se uočiti i to da tvrtke s 51 - 100 zaposlenika imaju manje robota od tvrtki s manjim brojem zaposlenih.

Za pretpostaviti je da se tvrtke s 51 – 100 zaposlenih bave djelatnostima čija profitabilnost ne opravdava ulaganja u robote, bave se djelatnostima koje se ne mogu efikasno robotizirati ili jednostavno menadžment nema viziju da bi ulaganjem u robote tvrtka mogla dugoročno osnažiti svoj položaj na tržištu, za razliku od manjih tvrtki, koje su uložile u robote i bez povećanja broja zaposlenih ostvarile veću profitabilnost poslovanja.



Slika 47. Grafikon - broj robota po godišnjem prometu tvrtki

Prema očekivanju, broj robota je veći za tvrtke koje imaju veće prihode, tj. mogu snositi investicijski trošak za nabavu i održavanje više robota.

Broj robota može se promatrati i prema HGK klasifikaciji djelatnosti i time odrediti koliko je robota prisutno za koju proizvodnu djelatnost, ali i gustoću robota, koristeći podatke DZS-a [Tablica 5].

Tablica 5. Broj robota, broj zaposlenika i gustoća robota po proizvodnoj djelatnosti (prema HGK-u)

Ime i oznaka prerađivačke djelatnosti (po HGK-u)	Broj robota	Broj zaposlenika	Gustoća na 10.000 zaposlenika
C10 - Proizvodnja prehrambenih proizvoda.	14	35.773	3,91
C13 - Proizvodnja tekstila.	1	3.356	2,98
C20 - Proizvodnja kemikalija i kemijskih proizvoda.	21	5.145	40,82
C22 - Proizvodnja proizvoda od gume i plastike.	70	4.326	161,82
C23 - proizvodnja ostalih nemetalnih mineralnih proizvoda.	36	7.842	45,91
C24 - proizvodnja metala.	11	4.041	27,22
C25 - proizvodnja gotovih metalnih proizvoda (osim strojeva).	26	25.798	10,08
C26 - proizvodnja računala te elektroničkih i optičkih proizvoda.	12	6.092	19,70
C27 - proizvodnja električne opreme.	6	7.490	8,01
C28 - proizvodnja strojeva i uređaja.	34	10.036	33,88
C29 - proizvodnja motornih vozila, prikolica i poluprikolica.	2	2.773	7,21
C30 - proizvodnja ostalih prijevoznih sredstava.	1	6.955	1,44
C32 - ostala prerađivačka industrija.	6	1.936	30,99

Zanimljivost u ovoj statistici jest naoko minimalna korištenost robota za automobilsku industriju (C29).

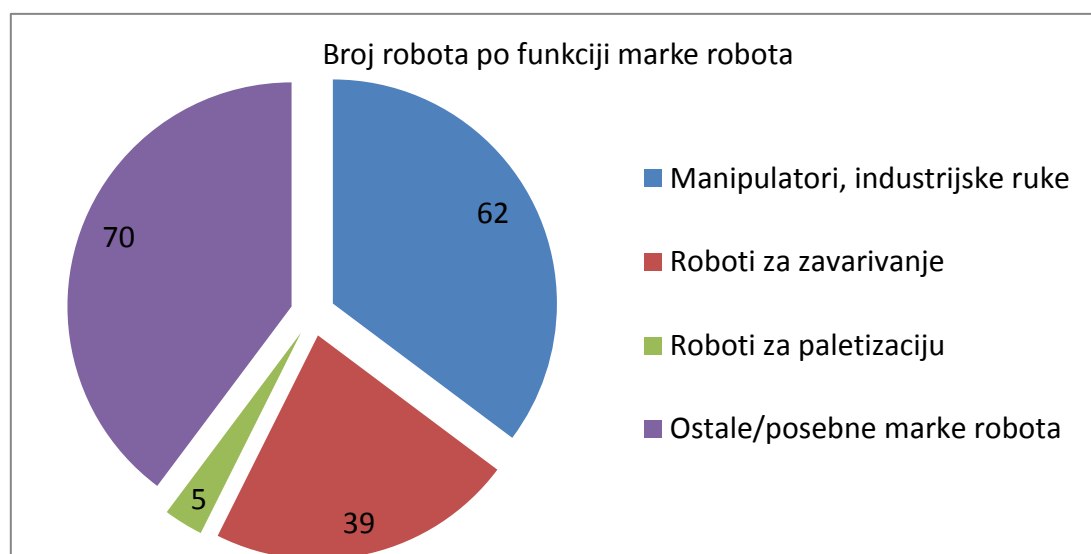
Ovaj podatak se može objasniti činjenicom da se hrvatska automobilska industrija uvelike fokusira na proizvodnju i izvoz dijelova za automobile, što bi spadalo u preostale grane (metalurgija, proizvodnja gume, itd.), dok za samu proizvodnju automobila nema mnogo postrojenja (najznačajniji domaći proizvođač automobila s robotima jest DOK-ING [31]).

Od svih djelatnosti, proizvodnja prehrambenih proizvoda ima najviše zaposlenika, no istovremeno i nisku gustoću robota - očito je da postoji veliki potencijal za robotizaciju u toj industrijskoj grani.

Industrija prerade gume i plastike ima najveću korištenost robota, zajedno s farmaceutskim i nemetalnim mineralnim proizvodnim granama.

6.6. Statistika za vrste i funkcije robota u Hrvatskoj

Ranije su bile navedene i pojašnjene značajke i funkcije nekoliko marki robota. Sada će se marke razvrstati po navedenoj funkciji [Slika 48] i posebno izdvojiti po proizvođačima: KUKA, ABB i Fanuc [Tablica 6].



Slika 48. Grafikon - broja robota po funkciji marke robota

Tablica 6. Broj robota po marki za tvrtke KUKA, ABB i Fanuc

KUKA	Br. rob.	ABB	Br. rob.	Fanuc	Br. rob.
KR Quantec PA	2	IRB 1600	2	R-J3iC R-2000iB/210F	4
KR 100-2PA	2	ABB 4400/45	1	R-J3iC R-2000iB/165F	2
KR 210	1	IRB 6700	3	Arcmate120iB	1
KR 140	1	IRB 140	1	M900iB/700	1
RS4-RV130	2	IRB 6400 2.4/200	2	M-20iA/35M	1
RS5-RV60	1	IRB 6700 2.6/200	1	M-6iB	1
Nepoznata marka	8	IRB 360	1	AM-100iC	5
/	/	IRB 4600	1	M-10iA	5
/	/	/	/	AM-120iC	2
/	/	/	/	M-710iC	8
/	/	/	/	ArcMate100iB	13
/	/	/	/	ArcMate100iC	2
/	/	/	/	LRMate 20i	1
/	/	/	/	M410iB	3
/	/	/	/	M900iA	1
/	/	/	/	B-14	14
Ukupno	17	Ukupno	12	Ukupno	64

Prema podacima iz tablica se vidi da najveći udio hrvatskih robota čine industrijske robotske ruke, najvjerojatnije uslijed njihove fleksibilnosti u industrijskim djelatnostima - naročito za poslove vezane uz operacije prerade materijala, ili za manipulaciju i prijevoz dijelova ili proizvoda unutar pogona.

6.7. Regionalna raspodjela robota u Hrvatskoj

U sljedećoj tablici [Tablica 7] prikazan je broj instaliranih robota prema mjestu rada pojedine tvrtke (za sve tvrtke za koje su poznate adrese) tako da su grupirane u tri osnovna zemljopisna područja: nizinska Hrvatska, gorska Hrvatska i primorska Hrvatska.

Tablica 7. Broj robota prema geografskoj lokaciji

Zemljopisna regija ili županija	Broj robota po lokaciji
Nizinska Hrvatska (bez Zagrebačke županije)	141 (Zagrebačka županija - 58, Varaždinska županija - 18)
Gorska Hrvatska	0 (nijedna tvrtka u anketi ne pripada ovom području)
Primorska Hrvatska	67 (Splitsko-dalmatinska županija - 60, Istarska županija - 7)

Prema podatcima, gorska Hrvatska uopće nema robota – niti jedna od poznatih tvrtki iz ankete ne pripada tom geografskom području. Pretpostavlja se da je razlog za to mali broj stanovnika i neravan teren (krš) koji otežava logistiku i izgradnju. Područje gorske Hrvatske je općenito nepogodno za uspostavu industrijske tvrtke ili industrijskog pogona s robotima.

Nizinska Hrvatska ima nekoliko prednosti za industrijske tvrtke: logistička povezanost (ceste, državne granice, blizina glavnog grada Zagreba, broj i stručnost stanovništva), geografski ravan teren (idealna za gradnju tvornica, industrijskih pogona i sličnih postrojenja), plodna zemlja (poljoprivreda, prehrambena industrija).

Primorska Hrvatska jedina ima pristup moru (brodogradnja, brodovlje, morske rute za transport, ribolov). Većina robotskih tvrtki se nalazi na području Istarske ili Splitsko-dalmatinske županije.

Također je prisutna značajna centralizacija županija: Zagrebačka županija i Varaždinska županija obje imaju veliki broj robota. Za Zagrebačku je to očito uslijed utjecaja glavnog grada, dok se za Varaždinsku može pretpostaviti da je uzrok blizina granice s državama

Europske unije (što olakšava poslovanje i vezu s klijentima) ali i tradicionalna razvijenost i sklonost poduzetništva u toj sjeverozapadnoj regiji Hrvatske.

6.8. Statistika proizvođača i prodavača robota na području Hrvatske

Za ovaj dio statistike [Tablica 8] su izdvojeni svi proizvođači ili distributeri koji su odgovorili na anketu, tj. za koje se zna koliko su robota prodali ili proizveli za hrvatsko tržište.

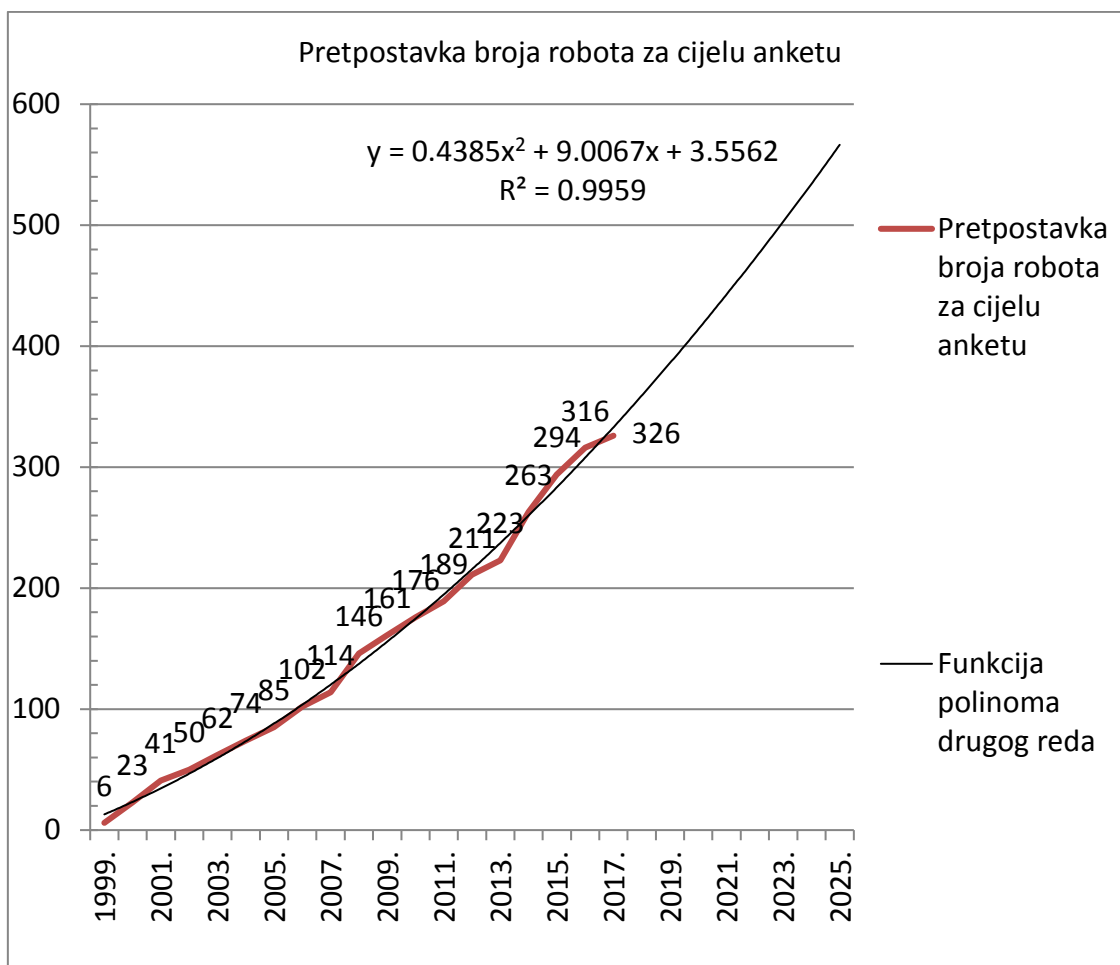
Tablica 8. Broj robota distribuiranih, prodanih ili instaliranih u Hrvatskoj, prema tvrtkama proizvođačima/distributerima

Ime tvrtke proizvođača ili distributera	Broj robota (u HR-u)
HSTec (50-100 zaposlenika, preko 50 mil. kn god. promet)	37 (29 za HR., 8 za izvoz)
Fanuc (preko 500 zaposlenika, preko 50 mil. kn god. promet)	72 (za Hrvatsku)

Prema tablici vidimo da su Fanuc i HSTec zajedno distribuirali **101** robot u Hrvatsku.

6.9. Predviđanja razvoja i rasta do 2020. godine

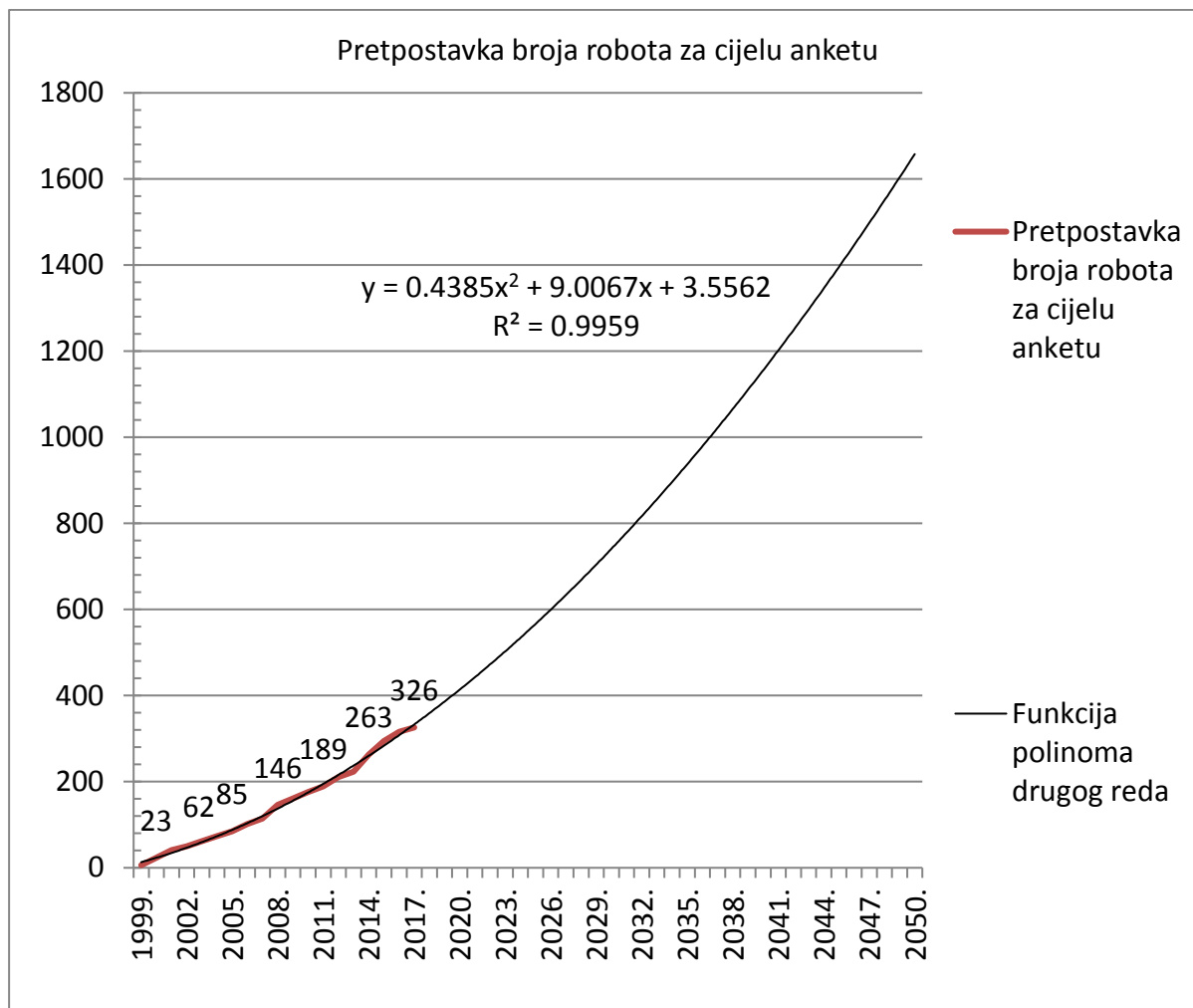
Za ovu statistiku, iskorišteni su podatci iz tablice pretpostavljenog broja robota po godinama [Slika 45]. Koristeći Excel funkciju '*add trendline*', moguće je izraditi predviđanje rasta do 2025. godine [Slika 49], tj. odrediti krivulju rasta za sljedećih osam godina, koristeći funkciju polinoma drugog reda.



Slika 49. Grafikon - predviđanje rasta broja instaliranih robota kroz godine, korištenjem funkcije polinoma, do 2025. godine

Iz krivulje se može očitati broj od 560 instaliranih robota do 2025. godine. Za 2018. godinu se može očekivati oko deset novih robota.

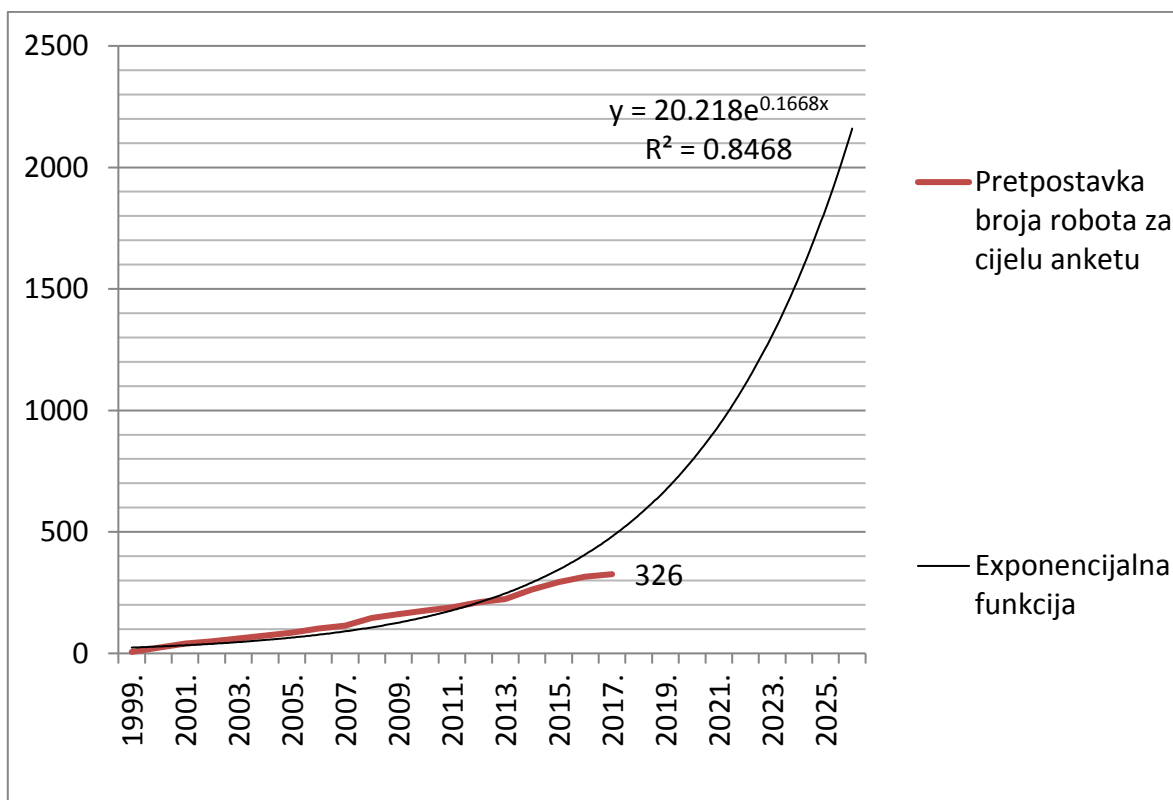
Broj robota do 2025. godine je znatno manji od procjene HGK o potrebnom broju robota s obzirom na današnju strukturu gospodarstva u Hrvatskoj. Stoga će se ponovno izračunati funkcija polinoma, ovaj puta do 2050. godine [Slika 50].



Slika 50. Grafikon - predviđanje rasta broja instaliranih robota kroz godine, korištenjem funkcije polinoma, do 2050. godine

Iz krivulje se može očitati broj od 1.650 instaliranih robota. Očito je da ni do 2050. godine neće doći do optimalnog broja robota za trenutno gospodarsko stanje.

Da bi Hrvatska dosegla broj od 2.000 robota unutar razumnog vremena (manje od deset godina, npr. do 2026. godine), mora se uvelike uvećati rast broja robota. Točni postotak rasta može se ponovno dobiti korištenjem Excel funkcije '*add trendline*', no ovaj put za eksponencijalnu funkciju, do 2026. godine [Slika 51].



Slika 51. Grafikon - predviđanje rasta broja instaliranih robota kroz godine, korištenjem eksponencijalne funkcije, do 2026. godine

Iz formule eksponencijalne funkcije možemo vidjeti da je moguće doseći preko 2.000 robota za devet godina, ako postoji eksponencijalni rast od 16.6%. Taj postotak se može dodati broju od 326 robota za sve naknadne godine, dok se ne dođe do traženog iznosa od 2.000 robota.

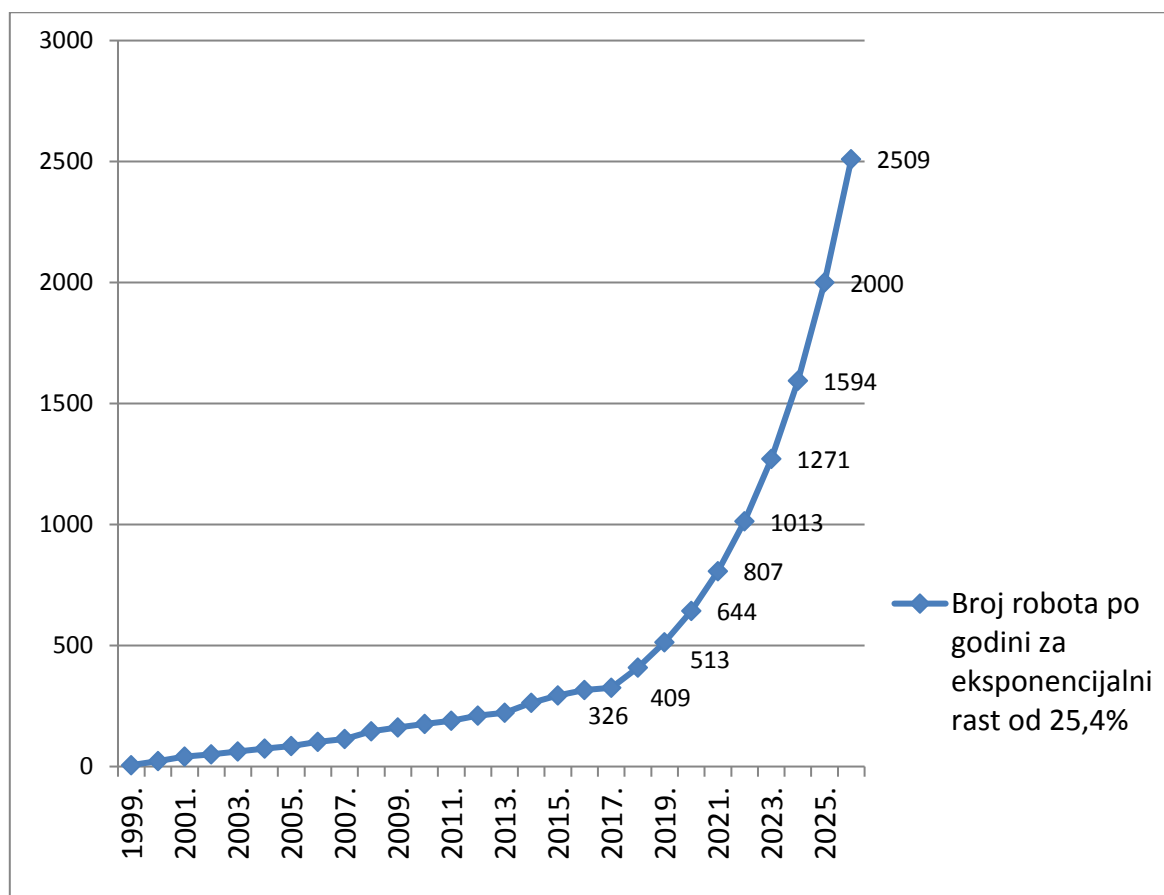
Precizniji izračun broja robota može se dobiti i korištenjem formule za određivanje eksponencijalnog rasta (4).

$$\left(\left(\frac{\text{Traženi broj robota}}{\text{Ukupni broj robota za 2017.godinu}} \right)^{\frac{1}{\text{vrijeme}-1}} \right) - 1 = \text{Eksponencijalni rast} \quad (4)$$

Uvrštavanjem tražene vrijednosti (2.000 robota), ukupni broj robota za 2017. godinu (326) i vrijeme od devet godina u formulu (5), dobivamo:

$$\left(\left(\frac{2000}{326} \right)^{\frac{1}{9-1}} \right) - 1 = 0,254 = 25,4 \% \quad (5)$$

Izračunati postotak se potom uvrštava za sve godine od 2018. do 2026. da bi se mogao prikazati graf za izračunati eksponencijalni rast [Slika 52].



Slika 52. Grafikon - predviđanje broja instaliranih robota kroz godine, za eksponencijalni rast od 25,4%

Uvođenjem eksponencijalnog rasta, broj robota se do 2018. godine povećava za 83 robota, što je osam puta veće od predviđanja za polinomnu krivulju.

Naknadno se rast mora uvećavati na 100, 200, 300 i na kraju čak 500 robota godišnje, da bi se naposljetku do 2025. godine dostigao potreban broj robota za trenutno ekonomsko stanje, no ne i za stanje gospodarstva nakon osam godina (tj. potreban broj od 2.000 robota bi se povećao uslijed gospodarskog razvoja Hrvatske do 2025. godine).

Stoga treba uzeti u obzir i 2026. godinu, kada bi Hrvatska dosegla 2.509 robota (500 robota godišnje). Pod pretpostavkom da se za osam godina poveća potreban broj robota na 2.500, Hrvatska bi za tu godinu napokon dosegla optimalan broj robota za tadašnje ekonomsko stanje.

7. ZAKLJUČAK

Što se može zaključiti i predvidjeti o hrvatskoj robotici, nakon što dobivene podatke usporedimo sa svjetskim trendovima?

Očito je da Hrvatska značajno zaostaje u odnosu na europske zemlje, naročito za industrijske divove poput Njemačke. Prema prognozama HGK, Hrvatsko gospodarstvo bi trebalo koristiti još barem 1.800 robota više. Prema grafu rasta može se vidjeti da do 2025. godine taj broj neće biti niti upola ostvaren. Hrvatska mora obavezno povećati godišnju nabavu robota na oko 100-200 robota na godinu.

Ako se uzmu svjetski trendovi kao inspiracija, najočitiji način da se unaprijedi Hrvatska robotika bi bilo da se fokusira na automobilsku industriju - točnije, da Hrvatska postane proizvodni partner za velike automobilske proizvođače i tvrtke, ili da se uvede 'domaća' proizvodnja, tj. vlastiti brend i tvornice za proizvodnju automobila. No bez obzira na odličan geostrateški položaj Hrvatske i ekonomski potencijal, upitno je da li je Hrvatska u stanju ili prilici za izgradnju proizvodnih pogona po uzoru na 'azijske divove'.

Ako se prouči zaposlenost i gustoća robota po broju zaposlenika, može se uočiti da Hrvatska ima značajan fokus na proizvodnju prehrambenih, gumenih, plastičnih i ostalih nemetalnih proizvoda - investicija u robotizaciju tih grana bi mogla dovesti do značajnih ekonomskih benefita i potaknuti daljnju robotizaciju za ostale proizvodne djelatnosti.

Povećanje broja robota na broj od pretpostavljeno 2.000 potrebnih dovelo bi do ogromnog gospodarsko društvenog probitka za Hrvatsku. No ujedno se treba pitati na koje djelatnosti bi se toliki broj robota trebao raspodijeliti. Iako bi najjednostavniji odgovor bio 'automobilska industrija', Hrvatska trenutno nije, a možda nikad ni neće biti značajna u toj industrijskoj grani. Možda je bolje da umjesto 1.800 robota koje proizvode automobile, Hrvatska ima 300 robota za preostale vodeće djelatnosti - proizvodnju gume, plastike, prehrambenih proizvoda, metala, nemetalnih i mineralnih proizvoda, farmaceutike i kemikalija. Hrvatska ima vlastite

gospodarske uvjete, stoga imitacija 'azijskih divova' možda nije najbolje rješenje za problem manjka robota.

Stoga je očito da se tvrtke iz drugih proizvodnih djelatnosti (tj. nevezanih uz automobilsku industriju) koje ne posjeduju robote moraju modernizirati, tj. poduzetnici moraju shvatiti prednost i nužnost uvođenja robotike u njihove pogone, da bi bili konkurentni stranim proizvođačima na tržištu širem od područja Hrvatske i da bi doprinijeli razvoju industrije i gospodarske moći Hrvatske.

Nadalje, nužno je da hrvatska mladež ima edukaciju, sredstva i motivaciju za tzv. STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) područja [32], tj. treba poticati interes mladih, budućih stručnjaka u znanstvene, tehnološke, inženjerske i matematičke djelatnosti (što uključuje robotiku) i osigurati da postoje prilike za zapošljavanje ili razvoj u tim granama unutar Hrvatske. Trenutno postoji globalna potražnja/trend za STEM-kvalificiranim radnicima [33] i STEM edukacijom [34], zato što te djelatnosti direktno i brzo potiču gospodarski rast i nacionalni dohodak.

Za Hrvatsku je izrazito važno da ustraje u aktivnostima prepoznavanja potreba i prilika za mlade ljude i poticanja edukacije s ciljem osiguranja dovoljno stručne radne snage kako bi se i u Hrvatskoj što brže razvijale STEM gospodarske djelatnosti. Stoga treba hitno osigurati kvalitetno stručno obrazovanje koje će biti u stanju stvarati kvalificirane robotičare, ali i da se na tržištu rada otvori više radnih mjesta u robotici uvođenjem novih robota. Po osobnom iskustvu (upiti o vlastitom znanju o robotskim sustavima/radnicima, ili za zaposlenje tijekom anketiranja) i rezultatima ankete, može se pretpostaviti da hrvatske tvrtke traže kvalificirane robotičare.

Hrvatska politika mora stvoriti zakonske preduvjete koji će omogućiti gospodarstvu investiranje u visokoprofitabilne gospodarske grane kao što je STEM područje jer one dovode do eksponencijalnog razvoja tehnologije, uključujući robotiku. Da da bi se to postiglo, mora se investirati u edukaciju, poticaje za lokalne STEM stručnjake, trenutne ili buduće i omogućiti gospodarstvu da stvori dovoljno kvalitetnih radnih mjesta za kvalificirane radnike i visokoobrazovano osoblje s ciljem sprečavanja odljeva mozgova (*brain drain*) u zemlje EU.

U prvim danima robotike i automatizacije, postojala je bojazan da će napredna tehnologija uzrokovati rast nezaposlenosti - tj. da će strojevi i roboti dovesti do gubitka poslova radi njihove efikasnosti u odnosu na ljudsku radnu snagu. No istina je suprotna - napredak robotike, naročito industrijskih robota, doveo je do otvaranja više milijuna novih još stručnijih i kvalitetnijih radnih mjesta. Ta činjenica detaljnije je dokumentirana u IFR-ovom izvještaju o zaposlenosti u robotici, *Positive Impact of Industrial Robots on Employment* [35]. Robotika potiče zapošljavanje nove radne snage. Nova zapošljavanja ostvaruju se, od područja stručnih radnika koji projektiraju, programiraju, ili održavaju robote, do novo-otvorenih radnih mjesta u farmaceutici, proizvodnji prehrambenih proizvoda, ekologiji (samoobnovljivi izvori energije), do razvoja kojih je došlo uslijed ekonomskog i tehnološkog razvoja države u kojoj su roboti uvedeni.

S napretkom tehnologija visoko-kvalificirani poslovi zamjenjuju one manje kvalificirane. Sve više raste potreba za prekvalifikacijom starije radne snage i stručnim školovanjem mladih. Uvođenje novih robota u Hrvatskoj i istovremeno školovanje radne snage koja će te robote programirati, održavati i njima rukovati mora se uskladiti da se ne dogodi da daljnji razvoj bude onemogućen nedostatkom radne snage (bilo da nije kvalitetno školovana, ili da kvalitetno osoblje ode na rad u inozemstvo).

Hrvatska se definitivno uspinje što se tiče robotike - broj robota polagano raste i tvrtke vide značaj i profit industrijskih robota u svojim pogonima. Značajni lokalni i strani proizvođači i distributeri robota već dugi niz godina surađuju s našim tvrtkama. Postoje udruženja i druge ustanove nužne za pravilan razvoj robotike, ali i razvoj obrazovanja. Mladi Hrvatski robotičari su zasigurno u stanju konkurirati kolegama u tehnološki razvijenijim zemaljama, što je dokazano na natječaju Robocup 2016. godine [36]. Također postoji i javni interes za STEM, kao što je dokazala javno-financirana (*crowdfunding*) kampanja 'BBC micro:bit - STEM revolucija u školama' [37].

Može se zaključiti da Hrvatska polagano nadoknađuje zaostatak u razvoju robotike u odnosu na ostatak Europe. Taj proces se može značajno ubrzati ako se gospodarstvo više fokusira na robotski razvoj i osiguranje stručnog osoblja koje zna programirati, upravljati, proizvesti ili

održavati robote. Robotika je zasigurno 'kamen temeljac' što se tiče industrije 4.0 [38], tj. četvrte industrijske revolucije, s industrijskim pogonima i/ili tvornicama koje je moguće povezati, kontrolirati i upravljati preko tzv. *Internet of Things*. Stoga da bi je Hrvatska dosegla, mora se prvo uspostaviti 'vojska' robotičara i robotskih radnika za većinu postojećih industrijskih pogona. Tek onda se mogu uvesti unapređenja poput 'pametnih' tvornica (*smart factory*) i drugih industrijskih napretka kojima bi Hrvatska napokon mogla konkurirati i biti izjednačena s preostalim članicama EU, sa stajališta tehnologije i gospodarske moći.

LITERATURA / IZVORI

- [1] *Etymology of Robot*, https://en.wikipedia.org/wiki/Karel_%C4%8Capek#Etymology_of_robot, 8.3.2017.
- [2] *Three Laws of Robotics*, https://en.wikipedia.org/wiki/Three_Laws_of_Robotics, 8.3.2017.
- [3] *International Federation of Robotics*, <http://www.ifr.org/home/>, 8.3.2017.
- [4] *Industrial Robot Statistics*, <http://www.ifr.org/industrial-robots/statistics/>, 8.3.2017.
- [5] *World Robotics 2015 - Executive Summary*,
http://www.dis.uniroma1.it/~deluca/rob1_en/2015_WorldRobotics_ExecSummary.pdf,
8.3.2017.
- [6] *China seeks top-10 automation ranking by 2020*, <http://www.reuters.com/article/us-china-robots-forecast-idUSKCN102104>, 8.3.2017.
- [7] *RIA - North American Robotics Market Sets New Records in 2015*,
http://www.robotics.org/content-detail.cfm/Industrial-Robotics-News/North-American-Robotics-Market-Sets-New-Records-in-2015/content_id/5951, 8.3.2017.
- [8] *Znakovi Hrvatske kvalitete*, <http://znakovi.hgk.hr/>, 8.3.2017.
- [9] *Registar poslovnih subjekata*, <http://www1.biznet.hr/HgkWeb/do/fullSearch>, 8.3.2017.
- [10] *Formsite*, <https://fs26.formsite.com/>, 8.3.2017.
- [11] *ABB robot history*, <https://www.used-robots.com/education/abb-robot-history>, 8.3.2017.
- [12] *ASEA*, <https://en.wikipedia.org/wiki/ASEA>, 8.3.2017.
- [13] *Brown, Boveri, & Cie*, https://en.wikipedia.org/wiki/Brown,_Boveri_%26_Cie, 8.3.2017.
- [14] *About ABB*, <http://new.abb.com/about>, 8.3.2017.
- [15] *ABB Hrvatska - O nama*, <http://new.abb.com/hr/hrvatska/o-nama>, 8.3.2017.
- [16] *Fanuc history*, <http://www.fanuc.eu/uk/en/who-we-are/fanuc-history>, 8.3.2017.
- [17] *Seiuemon Inaba*, http://ethw.org/Seiuemon_Inaba, 8.3.2017.
- [18] *Fanuc collaborative robots*, <http://robot.fanucamerica.com/products/robots/collaborative-robot-fanuc-cr-35ia.aspx>, 8.3.2017.
- [19] *Fanuc Adria*, <http://www.fanuc.co.jp/en/service/europe/adria.html>, 8.3.2017.
- [20] *HSTec - O nama*, <http://www.hstec.hr/o-nama>, 8.3.2017.
- [21] *KUKA history*, <https://www.kuka.com/en-us/about-kuka/history>, 8.3.2017.
- [22] *Automated Guided Vehicle*, https://en.wikipedia.org/wiki/Automated_guided_vehicle, 8.3.2017.
- [23] *DeLaval VMS robotic milking machine*, <https://www.youtube.com/watch?v=hojnPpvI6-I>,
8.3.2017.
- [24] *Elveco - Elvecar*, <http://users.skynet.be/elveco/conc02.htm>, 8.3.2017.

-
- [25] SCARA, <https://en.wikipedia.org/wiki/SCARA>, 8.3.2017.
- [26] SMD - Surface Mount Device, <http://www.eurocircuits.com/smd-surface-mount-device>, 8.3.2017.
- [27] TAJIMA TEHX-C1501, <https://www.youtube.com/watch?v=rEBEPGyLC5s>, 8.3.2017.
- [28] prof. dr. sc. Jerbić, B., *osobno saopćenje*, Fakultet Strojarsstva i Brodogradnje, 1.2.2017.
- [29] Članak - Hrvatskom gospodarstvu nedostaje više od 1800 robota, <http://www.vecernji.hr/techno/hgk-hrvatskom-gospodarstvu-nedostaje-vise-od-1800-robota-1140005>, 8.3.2017.
- [30] DZS - Državni zavod za statistiku, <http://www.dzs.hr/>, 8.3.2017.
- [31] Automobilska Industrija, <http://www.aik-invest.hr/sektori/automobilska-industrija/>, 8.3.2017.
- [32] Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) education: A Primer, <https://fas.org/sgp/crs/misc/R42642.pdf>, 8.3.2017.
- [33] The global race for STEM skills, http://www.obhe.ac.uk/newsletters/borderless_report_january_2013/global_race_for_stem_skills, 8.3.2017.
- [34] Global demands for STEM training a growing factor in overall enrolment trends, <http://monitor.icef.com/2014/03/global-demand-for-stem-training-a-growing-factor-in-overall-enrolment-trends/>, 8.3.2017.
- [35] Positive Impacts of Industrial Robots on Employment, http://www.ifr.org/uploads/media/Update_Study_Robot_creates_Jobs_2013.pdf, 8.3.2017.
- [36] Hrvatski školarci pomeli konkurenciju: U robotici smo - najbolji, <http://www.vecernji.hr/hrvatska/hrvatski-skolarci-pomeli-konkurenciju-u-robotici-smo-najbolji-1100313>, 8.3.2017.
- [37] Indiegogo: BBC micro:bit - STEM revolucija u školama, <https://www.indiegogo.com/projects/bbc-micro-bit-stem-revolucija-u-skolama-education#/>, 8.3.2017.
- [38] Industry 4.0 Opportunities and Challenges of the industrial internet, <http://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industry-4-0.pdf>, 8.3.2017.

PRILOZI

I. CD-R disketa koja sadrži:

- Ovaj dokument u .pdf obliku (*Šćurec_2017_Diplomski.pdf*)
- Sveukupne podatke ankete u excel obliku (*Statistika.xlsx*)
- Upitnik za prvi uzorak, u tekst obliku (*Anketni_upitnik.docx*)
- Snimku/video Franck robota tijekom rada (*FranckVid.wmv*)
- Dokumentaciju HZS-a (*SI-1574_2015.pdf*)